

AUSSAGEKRAFT UND WERTIGKEIT
DER QUANTITATIVEN
KAMERA-FUNKTIONSSZINTIGRAPHIE
DER NIERE IN DER UROLOGIE

Johannes Michael Zimmer

1975



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Klinik und Poliklinik für Radiologie der
Universität München
(Direktor: Prof.Dr.J.Lissner)

AUSSAGEKRAFT UND WERTIGKEIT DER QUANTITATIVEN KAMERA -
FUNKTIONSSZINTIGRAPHIE DER NIERE IN DER UROLOGIE

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Johannes Michael Z i m m e r
aus
Wangen im Allgäu

München 1975

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin
der Universität München

Berichterstatter: Priv.Do. Dr. H.G.Heinze

Mitberichterstatter: Prof. Dr. J.Lissner

Dekan: Prof. Dr. W.Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 31.7.1975



INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	1
1.1	Aufgabenstellung	1
1.2	Vorbemerkung zur Entwicklung nuklearmedizinischer Untersuchungsverfahren in der Nephro-Urologie	1
2	UNTERSUCHUNGEN	4
2.1	Patientengut	4
2.2	Erfassung des Untersuchungsmaterials	4
2.2.1	Klinischer Verlauf	4
2.2.2	Ausscheidungsurogramm	5
2.2.3	Quantitatives Kamera-Funktionsszintigramm	6
2.2.3.1	Nuklearmedizinischer Untersuchungsgang	6
2.2.3.2	Auswertung der nuklearmedizinischen Untersuchung .	9
2.2.4	Wertung der nuklearmedizinischen Untersuchung	10
2.3	Aufgliederung des Untersuchungsgutes	10
2.3.1	Einteilung der Nieren nach der Funktion der Gegen- seite	10
2.3.2	Einteilung der pathologischen Nieren nach den Ab- schlußdiagnosen	11
2.3.3	Die Gruppe der Harnstauungsniere	12
2.3.3.1	Definition des Begriffs der Harnstauungsniere	13
2.3.3.2	Einteilung der Harnstauungsniere nach den Ursa- chen der Harnstauung	13
2.3.3.3	Einteilung der Harnstauungsniere nach dem Grad der Harnstauung	15
2.4	Therapie	17
2.4.1	Therapie bei den pathologischen Nieren insgesamt .	18
2.4.2	Therapeutisches Vorgehen in Abhängigkeit von der Funktion der kontralateralen Niere	18

2.4.3	Therapeutisches Vorgehen in Abhängigkeit von der Diagnose	20
3	UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE	24
3.1	Nephrogrammwerte einschließlich seitengetrennter ^{131}J -Hippuran-Clearance	24
3.1.1	Nephrogrammwerte und seitengetrennte ^{131}J -Hippuran-Clearance bei den gesunden Nieren	25
3.1.2	Seitengetrennte ^{131}J -Hippuran-Clearance der Einzelniere bei Harnstauung	28
3.1.3	Clearance der gesunden Nieren im Vergleich zur Clearance der kontralateralen pathologischen Nieren ..	31
3.2	Vergleich der Aussagekraft der Parameter ^{131}J -Hippuran-Clearance, Sekretionswert, Breite des Parenchymsaums, Harnstoff-N und Creatinin zur Beurteilung der Funktion des Nierenparenchyms	32
3.2.1	Beziehung zwischen ^{131}J -Hippuran-Clearance (Gesamtclearance) und Serumspiegeln von Harnstoff-N und Creatinin	32
3.2.2	Beziehung zwischen Breite des Parenchymsaums und seitengetrennter ^{131}J -Hippuran-Clearance	35
3.2.3	Beziehung zwischen ^{131}J -Hippuran-Clearance und Sekretionswert	39
3.2.4	Beziehung zwischen Breite des Parenchymsaums und Sekretionswert	43
3.3	Übereinstimmung zwischen quantitativer Kamera-Funktionsszintigraphie und Klinik, Mehrinformation und Einfluß auf das therapeutische Vorgehen durch die nuklearmedizinische Untersuchung	47
3.3.1	Fragestellung zur Untersuchung der Wertigkeit der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie	47
3.3.2	Übereinstimmung zwischen quantitativer Kamera-Funktionsszintigraphie und klinisch-radiologischen Befunden	47

3.3.3	Mehrinformation durch die nuklearmedizinische Untersuchung	49
3.3.3.1	Mehrinformation insgesamt	49
3.3.3.2	Mehrinformation in Abhängigkeit von der Funktion der kontralateralen Niere	49
3.3.3.3	Mehrinformation in Abhängigkeit von der Diagnose .	50
3.3.4	Beeinflussung des therapeutischen Vorgehens durch quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie	52
3.3.4.1	Einfluß auf das therapeutische Vorgehen insgesamt	52
3.3.4.2	Einfluß auf die Therapie in Abhängigkeit von der Funktion der Gegenseite	52
3.3.4.3	Einfluß auf die Therapie in Abhängigkeit von der Diagnose	54
3.3.4.4	Einfluß der nuklearmedizinischen Funktionsuntersuchung auf die verschiedenen Arten des therapeutischen Vorgehens in Abhängigkeit von der Funktion der Gegenseite	57
3.3.4.5	Therapie in Abhängigkeit von der Funktion der Gegenseite und vom Einfluß des Ergebnisses der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie	59
3.3.5	Einfluß der seitengetrennten Bestimmung der ¹³¹ J-Hippuran-Clearance auf die Art des operativen Vorgehens	62
3.4	Erläuterung diagnostischer Möglichkeiten der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie anhand von Patientenbeispielen	64
4	DISKUSSION	83
4.1	Diskussion der Untersuchungsergebnisse	83
4.2	Diskussion der Wertigkeit der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie in der Urologie	91
5	ABSCHLIESSENDE DISKUSSION UND WERTUNG	99

6	ZUSAMMENFASSUNG	103
	Anhang	105
7	LITERATURVERZEICHNIS	109

1 EINLEITUNG

1.1 Aufgabenstellung

Seit Einführung der Isotopennephrographie im Jahre 1956 durch KIMBLE (35) und TAPLIN (70) haben nuklearmedizinische Funktionsuntersuchungen der Niere in der nephrologischen und urologischen Diagnostik ein zunehmend breites Anwendungsfeld gefunden.

In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, welche Rolle der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie, der modernsten nuklearmedizinischen Untersuchungsmethode, in der Urologie zukommt, insbesondere seit Einführung der gleichzeitigen seitengetrenten Bestimmung der ^{131}J -Hippuran-Clearance.

Anhand der Kriterien Übereinstimmung mit anderen Untersuchungsmethoden, Mehrinformation und Einfluß auf das therapeutische Vorgehen soll eine qualitative und quantitative Aussage darüber gemacht werden, bei welcher Fragestellung und bei welchen urologischen Krankheitsbildern die quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie in der urologischen Diagnostik besondere Bedeutung findet. Dies soll zusätzlich an einigen Patientenbeispielen erläutert werden.

1.2 Vorbemerkung zur Entwicklung nuklearmedizinischer Untersuchungsverfahren in der Nephro-Urologie

In der Nuklearmedizin werden zu diagnostischen Zwecken mit radioaktiven Isotopen markierte Substanzen (Radiopharmazeutika) auf parenteralem oder oralem Wege in den Körper eingebracht. Anschließend wird mit Hilfe von Szintillationszählern deren Anreicherung in bestimmten Organen oder Geweben extrakorporal verfolgt. Je nachdem, welche Information gewünscht wird, bedient man sich dabei verschiedener Radiopharmazeutika (Radiodiagnostika) und Meßmethoden.

Die verwendeten radioaktiven Substanzen unterscheiden

sich hinsichtlich ihrer physikalischen und biologischen Halbwertszeit, d.h. ihrer Verweildauer im Körper, und in ihrer Affinität zu bestimmten Organen und Geweben.

In der Meßmethodik ist zu unterscheiden zwischen statischen und dynamischen Methoden. Statische Methoden erlauben vorwiegend morphologische Aussagen, etwa über Lage, Form und Größe eines Organs und über diffuse oder umschriebene Parenchymdefekte. Man verwendet hierfür die herkömmliche Nierenszintigraphie, die 1951 von CASSEN (15) und WAYNBORD (42) etwa gleichzeitig zum ersten Mal beschrieben wurde. Hierbei wird der radioaktiv markierte Körperabschnitt mit Hilfe eines beweglichen Strahlendetektors (Scanner) Punkt für Punkt abgetastet. Da der Untersuchungsvorgang auch bei raschen Scansystemen und hohen Aktivitäten eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt (etwa 20 Min.), kommen überwiegend Radiopharmazeutika zur Anwendung, die einige Zeit im Organ haften und eine längere biologische Halbwertszeit aufweisen, wie etwa ^{197}Hg -Chlormerodrin. Dies trifft weniger zu für die $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Askorbinat-Komplexe.

Zur Beurteilung von dynamischen Vorgängen verwendet man hingegen Substanzen mit kurzer Verweildauer im Körper und stationäre Meßeinrichtungen. Zur nuklearmedizinischen Funktionsuntersuchung der Niere etwa benutzt man mit radioaktivem ^{131}J od markiertes Hippuran, eine der Paraaminohippursäure nahe verwandte Substanz, die wie diese überwiegend durch tubuläre Sekretion rasch über die Nieren ausgeschieden wird. Sie besitzt eine biologische Halbwertszeit von normalerweise etwa 20 Minuten, d.h. nach dieser Zeit ist bereits die Hälfte dieser Substanz über die Nieren aus dem Körper eliminiert. (Die physikalische Halbwertszeit des radioaktiven Isotops ^{131}J beträgt 8 Tage.)

Die bei der Funktionsuntersuchung der Niere angewandten Meßmethoden sind Isotopennephrographie und Kamera-Sequenzszintigraphie.

Die Isotopennephrographie (Radiorenographie) wurde erstmals 1956 von KIMBLE (35) und TAPLIN (70) beschrieben. Bei dieser Methode werden mit Hilfe eines Szintilla-

tionszählers (Meßsonde) die Aktivitäten über den beiden Nierenregionen gemessen, und die Zu- und Abnahme dieser Aktivitäten in Abhängigkeit von der Zeit in Kurven, den sogenannten Nephrogrammkurven aufgezeichnet.

Zur Sequenzszintigraphie benutzt man eine Gammakamera (ANGER 1958; 2) oder ein Autofluoroskop (BENDER u. BLAU 1960; 6). Beides sind stationäre Strahlendetektoren mit einem Sichtbereich von etwa 25-30 cm Durchmesser. Mit ihrer Hilfe kann die Aktivitätsverteilung in den Nieren auf einem über ein Vielkanalsystem angeschlossenen Oszilloskop kontinuierlich beobachtet werden. Eine mit dem Oszilloskop verbundene Sofortkamera (Polaroid-Verfahren) ermöglicht außerdem noch die Anfertigung von Serienphotos. Eine gleichzeitig durchgeführte digitale Speicherung erlaubt ferner, nach der Untersuchung mit Hilfe der "regions-of-interest"-Technik Nephrogrammkurven über den Gesamtnieren, über einzelnen Nierenregionen oder über Körperpartien außerhalb der Nierenregion (Körperabfallkurve für die Clearance-Bestimmung) abzuleiten.

Erweitert wurden diese Untersuchungsmethoden von uns durch die Bestimmung der ^{131}J -Hippuran-Clearance (7,8, 33,57,69,71) und der seitengetrennten Anteile dieser Clearance (36,41,46,55,58).

Heute steht in Form der quantitativen Kamera-Funktions-szintigraphie eine kombinierte nuklearmedizinische Untersuchungsmethode zur Verfügung. Sie setzt sich zusammen aus den drei Bestandteilen Nephrogramm, Sequenzszintigramm und seitengetrennter ^{131}J -Hippuran-Clearance-Bestimmung und läßt sich bei entsprechender apparativer Ausrüstung in einem einzigen Arbeitsgang durchführen. Sie ist eine Funktionsuntersuchung zur Beurteilung der seitengetrennten Nierenfunktion und steht als solche nicht in Konkurrenz zu den herkömmlichen radiologischen Untersuchungsmethoden, da sie als neue ergänzende und weiterführende Untersuchungsmethode anzusehen ist.

2.1 Patientengut

In der Zeit vom 7. Juni 1971 bis zum 28. März 1974 wurden in der Klinik und Poliklinik für Radiologie der Universität München (Direktor: Prof. Dr. J. Lissner) 221 Patienten ($\sigma:q = 119:102$), die sich zu dieser Zeit stationär in der Urologischen Universitätsklinik (Direktor: Prof. Dr. E. Schmiedt) befanden, mit Hilfe der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie untersucht. Bei den Patienten handelt es sich um ein nicht selektiertes Krankengut der Urologischen Universitätsklinik. Es weist nur insofern eine gewisse Spezifität auf, als die Patienten in der Regel bereits ambulant diagnostiziert und für eine Operation vorgesehen waren. Das Durchschnittsalter lag bei 45,5 Jahren.

Insgesamt standen für die vergleichende Auswertung 429 Nieren zur Verfügung, von denen 108 gesund waren und 321 einen pathologischen Befund zeigten. Bei allen 221 Patienten wurde ein Kamera-Sequenzszintigramm angefertigt, davon bei 124 Patienten einschließlich seitengetrenter Bestimmung der ^{131}J -Hippuran-Clearance.

2.2 Erfassung des Untersuchungsmaterials

Zur Erfassung der bei unseren Patienten durchgeführten Untersuchungen, der Therapie und des klinischen Verlaufes wurden von uns je Patient drei Auswertebögen angelegt, je einen zur Erfassung des klinischen Verlaufs, des Ausscheidungsurogramms und für die Auswertung der nuklearmedizinischen Untersuchung. Ein vierter Auswertungsbogen wurde ferner noch aufgestellt für die Wertung jedes einzelnen Falles (siehe Anlage I - IV).

2.2.1 Klinischer Verlauf

Zur Beurteilung des klinischen Verlaufs wurden aus den Unterlagen der Urologischen Universitätsklinik folgende Laborbefunde herangezogen (Anl. I):

Blut: Harnstoff-N- und Creatininspiegel im Serum, sowie die Blutsenkungsgeschwindigkeit.

Urin: Anzahl der Leukozyten pro Gesichtsfeld und Befund der bakteriologischen Urinuntersuchung (Spezies der Erreger und Anzahl).

Ferner wurde noch der Blutdruck vermerkt.

Um einen Überblick über den gesamten Zeitraum des Klinikaufenthaltes zu gewinnen, wurden - soweit ermittelt - die Werte zum Zeitpunkt der Klinikaufnahme, zu dem in der Regel auch Ausscheidungsurogramm und Kamera-Funktionsszintigramm erstellt wurden, herangezogen, sowie als Verlaufskontrolle die Werte unmittelbar post operationem und vor der Entlassung zusammengestellt.

Weiterhin wurden aus dem Krankenblatt das therapeutische Vorgehen ermittelt, im Falle einer Operation noch der intraoperative Befund und der makro- und mikroskopische Befund, sowie die abschließende Diagnose.

2.2.2 Ausscheidungsurogramm

Die in der Urologischen Klinik angefertigten Ausscheidungsurogramme (Infusionsurogramme) wurden von uns nach folgenden Kriterien ausgewertet (Anl.II):

Nierengröße: längs - quer (cm)

Breite des Parenchymsaums (cm)

Lage der Nieren: orthotop - caudal dystop - ren mobilis (Verschiebung in cm)

Nierenkontur: glatt - gebuckelt

Kontrastmittelausscheidung: regelrecht - verzögert - schwach - stumm

Kelchhälse: je Kelchgruppe normal - deformiert - verlagert

Kelchbecher: je Kelchgruppe normal - deformiert

Abflußverhältnisse: regelrecht - Stauung NBKS/Ureter

Um einen Überblick über Lage und Größe von Konkrementen und über Nierendysplasien zu erhalten, wurde noch eine Skizze angefertigt. Soweit vorhanden, wurde außerdem noch der Befund der angiographischen Untersuchung herangezogen.

2.2.3 Quantitatives Kamera-Funktionsszintigramm

2.2.3.1 Nuklearmedizinischer Untersuchungsgang (26,29,53,62)

a) Aufnahme- und Auswertesystem:

Dyna-Camera II

Cinescintigraphie-System mit Kernspeicher (4096 Kanäle)

Digitaler Magnetbandspeicher (9 Spuren, IBM-compatibel)

4 Regions of Interest (ROI) gleichzeitig

Datenverarbeitung mit Kleinrechner:

MULTI-8, 12 kbyte

Teletype

Schneller Leser

X/Y - Plotter

b) Untersuchungsablauf:

Patient:

Hydrieren des Patienten mit 10 ml Flüssigkeit je kg Körpergewicht 1/2 Stunde vor der Untersuchung, gleichzeitig Gabe von 1,2 g Na-Perchlorat (Irenat) zur Blockade der Schilddrüse.

Positionierung des Patienten im Sitzen vor der Kamera (wenn vorhanden mit Hilfe der Röntgenaufnahme), wobei der Patient mit dem Rücken gegen den Hochenergiekollimator lehnt.

Injektion von 200 μ Ci ^{131}J -Hippuran i.v.

2 Blutentnahmen etwa 15 und 25 Min. post injectionem (zur Clearance-Bestimmung)

Apparativ:

Anfertigung von Schwarz-Weiß-Sequenzphotos (Polaroid) mit Belichtungszeiten von 100 sek. nach folgenden Zeiten: 0,2,4,8,12,20 min. und eventuell Spätaufnahmen. Gleichzeitig digitale Speicherung auf Magnetband in Intervallen von 6 sek. während einer Dauer von etwa 25 min. Die mitlaufende kumulative Aufnahme am Oscilloscop des Cinescintigraphie-Systems gibt dem Untersucher eine Information über Lage, Form und Größe der Nieren

und dient der Bestimmung der Koordinaten für rechteckige Regions of Interest, die die linke und rechte Niere direkt einschließen, und für ein nicht zu kleines Untergrundfeld, das quer oberhalb der Nieren liegt (und nicht bis in die Inhomogenität des Randdetektors reicht). Die Abfallkurve dient zur gleichzeitigen Bestimmung der Clearance für ^{131}J -Hippuran.

Ferner können für die Bestimmung der Clearance auch Messungen mit Sonden über anderen Regionen, z.B. Schulter, Hinterkopf, herangezogen werden. Die Analog-Informationen werden über ein Interface im Tridac gespeichert und in 6-sek-Intervallen auf das Magnetband übertragen. So stehen auch diese Kurven in digitaler Form dem Rechner zur Verfügung.

c) Computerprogramm

Das Programm ist in der direkt interpretierenden Sprache LEM geschrieben und besteht aus zwei Teilen, einem Auswerteprogramm und einem Befundausgabeprogramm, die jeweils etwa 7,5 kbyte Speicherplatz beanspruchen.

Auswerteprogramm:

Bereits während der Untersuchung wird das Auswerteprogramm gestartet, und es werden über Teletype folgende Daten (zum Teil codiert) eingegeben:

Datum, Untersuchungsnummer, Name des untersuchenden Arztes, Name und Anschrift des Überweisenden Arztes, Name des Patienten, Geburtsdatum, Gewicht, Größe, klinische Diagnose, Fragestellung, Aktivität in der Spritze (Imp/min), Leerwert der Spritze (Imp/min), Zeitpunkt der 1. und 2. Blutentnahme, Aktivität im Serum 1 und 2, Koordinaten der Regions of Interest der Nieren und des Untergrundes im Kamerafeld, Sonden-Nr.

Bei Ende der Untersuchung werden die Regions of Interest vom Rechner markiert, die Zeitaktivitätskurven erstellt, gesplottet sowie auf Magnetband gespeichert und folgende Nephrogramm-Parameter berechnet:

Tmax, T 2/3, T 1/2, Te, % 20 min., Sekretionswert (SW), % Konzentration/min., % Exkretion/min.

Befundausgabeprogramm:

Der Befund der Sequenzszintigraphie wird codiert vom untersuchenden Arzt dem Rechner im Dialog eingegeben.

Folgende Kriterien werden seitengetrent berucksichtigt:

Aktivitätsanreicherung im Parenchym

Größe, Form und Lage der Nieren

Ausscheidung aus dem Parenchym

Nierenbecken

Abfluß aus dem NBAS

Ureter

Die eingegebenen und berechneten Daten werden dann auf Lochstreifen übertragen, der zwei Aufgaben erfüllt:

- a) Datenspeicherung für die anschließende Befundausgabe
- b) Dokumentation

d) Clearance:

Die Gesamt-Clearance wird nach dem Prinzip von OBERHAUSEN berechnet: Die Blutentnahmen werden um etwa 15 min. und 25 min. vorgenommen (Zeitraum der relativ besten Äquilibration). Aus dem Verhältnis der Höhe der Untergrundkurve 24 und 12 min. p.i. und den Zeitpunkten der Blutentnahmen werden die Bezugswerte S_1 und S_2 mit Hilfe der Tabellen von OBERHAUSEN bestimmt. Die Tabellen von OBERHAUSEN sind auf Lochstreifen gespeichert und über den schnellen Leser abberufbar. Nach Eingabe der injizierten Aktivität und der Serum-Aktivität berechnet der Computer die Clearance nach der Formel

$$Cl_1 = \frac{S_1 \times \text{verabreichte Aktivität} \times \text{Faktor}}{\text{Aktivität im Serum}_1}$$

$$Cl_2 = \frac{S_2 \times \text{verabreichte Aktivität} \times \text{Faktor}}{\text{Aktivität im Serum}_2}$$

Das Ergebnis der Doppelbestimmung wird gemittelt und auf $1,73 \text{ m}^2$ Körperoberfläche bezogen.

Die seitengetrente Clearance wird ebenfalls nach einer Modifikation der von OBERHAUSEN angegebenen Methode bestimmt. Die Untergrundkurve wird im Intervall von 1-4 min. rechnerisch genähert und auf den Zeitpunkt $t = 0$

zurückgerechnet. Der Anfang dieser berechneten Untergrundkurve wird durch den Schnittpunkt zwischen 1. und 2. Nephrogrammphase (x) gelegt und das Integral der Fläche zwischen Nephrogramm- und Untergrundkurve berechnet.

(Ausdruck: Clearance₁ und Clearance₂, Gesamtclearance, normierte Clearance, %-Wert und Clearance in ml/min. x 1,73 m² KOF für die Einzelniere.)

e) Befundausgabe:

Nach Abschluß aller Untersuchungen eines Tages wird das Befundausgabeprogramm eingelesen. Anhand der auf Lochstreifen gespeicherten Daten erfolgt dann der automatische Ausdruck sämtlicher Befunde in mehrfacher Ausführung.

2.2.3.2 Auswertung der nuklearmedizinischen Untersuchung

Für unsere Arbeit wurden in einem Auswertebogen (Anl.III) folgende Kriterien erfaßt:

1) Radioisotopen-Nephrogramm:

Skizzen der Nephrogrammkurven

Nephrogrammwerte: Tmax, T/2, SW, % Konz./min., % Exkr./min.

2) Clearance:

¹³¹J-Hippuran-Clearance (ml/min. x 1,73 m² KOF; 100 %), linker Anteil (in %), rechter Anteil (in %).

3) Sequenzszintigramm:

Skizze zur Erfassung von Defekten im Speichermuster

Anreicherung: seitengleich - homogen - zeitgerecht - verzögert - keine

Ausscheidung aus dem Parenchym: seitengleich - zeitgerecht - verzögert - keine

Nierenbecken: normal - erweitert - nicht erkennbar

Ureter: dargestellt - erweitert - nicht erkennbar

Abflußstörung: NBKS - Ureter: oberes, mittleres, unteres Drittel

Intrarenale Transportstörung

4) Nuklearmedizinische Diagnose

2.2.4 Wertung der nuklearmedizinischen Untersuchung

Die Wertung jedes einzelnen Falles erfolgte anhand der Unterlagen zusammen mit je einem erfahrenen Radiologen bzw. Nuklearmediziner und Urologen. Dabei wurde nach folgendem Schema vorgegangen (Anl.IV) :

- 1) Bestand "Übereinstimmung zwischen nuklearmedizinischer Funktionsuntersuchung und radiologischen bzw. klinischen Befunden?
- 2) Ergab sich eine Mehrinformation durch das Ergebnis der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie und wenn ja, wodurch?
- 3) Zeigte sich ein Einfluß auf das therapeutische Vorgehen?

2.3 Aufgliederung des Untersuchungsgutes

2.3.1 Einteilung der Nieren nach der Funktion der Gegenseite (Tab.1)

Zur statistischen Auswertung wurden die untersuchten Nieren einerseits nach der Diagnose, andererseits nach der Funktion der kontralateralen Niere in verschiedene Gruppen eingeteilt. Hier die Einteilung nach der Funktion der Gegenseite:

Gesunde Nieren:

Von den 108 gesunden Nieren waren 10 (9,3%) gesunde Nieren bei gesunder Gegenseite (5 gesunde Nierenpaare), 97 (89,8 %) bei pathologischer kontralateraler Niere und 1 gesunde Einzelniere (Z.n. Nephrektomie der Gegenseite).

Nieren mit pathologischem Befund:

Von der 321 Nieren mit pathologischem Befund waren 212 Nieren (66 %) bei pathologischem Befund beidseits , 97 (30,2 %) bei gesunder Gegenseite und 12 (3,7 %) pathologische Einzelnieren. (9 mal bestand ein Z.n. Nephrektomie, 3 mal eine Aplasie der Gegenseite.)

Tabelle 1

Einteilung der Nieren nach der Funktion der Gegenseite

a) Gesunde Nieren (N = 108)

Befund	N	%
Gesunde Gegenseite	10	9,3
Pathologische Gegenseite	97	89,8
Einnierigkeit	1	0,9

b) Nieren mit pathologischem Befund (N= 321)

Befund	N	%
Gesunde Gegenseite	97	30,2
Pathologische Gegenseite	212	66,0
Einnierigkeit	12	3,7

- - - - -

2.3.2 Einteilung der pathologischen Nieren (N = 321) nach den Abschlußdiagnosen (siehe Tab.2)

Anmerkung: Die Summe der Diagnosen liegt über 100%, da oft mehrere Diagnosen bei einer Niere gestellt wurden.

Harnstauungsnieren: Sie bilden mit 62 % (N = 199) die größte Gruppe der Diagnosen.

Konkremente: Der Anteil der Nierenbeckensteine beträgt 12,1% (N = 39), Nierenkelchsteine fanden sich in 10,6% (N=34) der Fälle, Nierenbeckenausgußsteine in 9% (N = 29), Uretersteine in 3,7% (N = 12) .

Andere Diagnosen: Hier sind zu nennen: Die Ureterabgangstenosen mit 13,4% (N = 43), die Schrumpfnieren mit 10,6% (N = 34), mit 7,5% (N = 24) die "stummen Nieren" und mit 7,2% (N = 23) die Uro-Tuberkulosen. Nephroptosen wurden in 5,6% (N= 18) der Fälle beobachtet, Nierentumoren und Ureterstenosen in je 5% (N = 16). Der Anteil von Doppelnieren und Megaureteren betrug je 3,7% (N = 12). Außerdem kamen noch 3 Beckennieren und 3 Huf-

eisennieren zur Beobachtung.

Tabelle 2

Diagnosen bei den pathologischen Nieren (N = 321)

Anmerkung: Die Summe der Diagnosen ergibt über 100%, da oft mehrere Diagnosen bei einer Niere gestellt wurden.

Diagnose	N	%
Harnstauungsniere	199	62,0
Uro-Tuberkulose	23	7,2
Schrumpfniere	34	10,6
Nierentumor	16	5,0
Nierenkelchsteine	34	10,6
Nierenbeckensteine	39	12,1
Nierenbeckenausgußstein	29	9,0
Uretersteine	12	3,7
Ureterabgangsstenose	43	13,4
Sonstige Ureterstenose	16	5,0
Doppelnieren	8	2,5
Beckennieren	3	0,9
Hufeisennieren (je 2 Nieren)	3	1,9
Megaureter	8	2,5
Nephroptose	18	5,6
" Stumme Niere"	24	7,5

2.3.3 Die Gruppe der Harnstauungsniere

Mit einem Anteil von 62% (N = 199) stellen die Harnstauungsniere die größte Gruppe unter den Diagnosen. Im Folgenden soll eine Definition des Begriffs "Harnstauungsniere" gegeben und eine Einteilung nach Typ und Ursachen

der Harnstauung vorgenommen werden.

2.3.3.1 Definition des Begriffs der Harnstauungsniere

Die Bezeichnung Harnstauungsniere ist primär ein radiologischer Ausdruck. Sie ist nicht identisch mit dem pathomorphologischen Begriff der Hydronephrose. Vielmehr bezeichnet sie alle Zustände, bei denen im Ausscheidungsurogramm eine Abflußbehinderung für das Röntgenkontrastmittel beobachtet wird, unabhängig davon, ob diese Harnstauung bereits zu morphologischen Veränderungen der Niere geführt hat oder nicht.

Nuklearmedizinisch zeigt sich die Abflußstörung in einer Abflachung der Nephrogrammkurve in der Phase III, bei kompletter Harnstauung findet kein Abfall der Nephrogrammkurve statt. Der Parameter T/2 ist verlängert. Als Grenzwert für T/2 nahmen wir den oberen Wert des Normalbereichs ($\bar{x} \pm 2 s$) unserer gesunden Nieren, also etwa 10 min. Voraussetzung für diese Einteilung ist allerdings, daß sich im Sequenzszintigramm gezeigt hat, daß wirklich eine Harnstauung vorlag, und die verlängerte Zeit von T/2 nicht etwa durch eine intrarenale Transportstörung verursacht wurde. Zur Differenzierung zwischen einer Abflußbehinderung und einer intrarenalen Transportstörung können über Nierenrinde und NBKS getrennt abgeleitete Nephrogrammkurven herangezogen werden.

2.3.3.2 Einteilung der Harnstauungsniere nach den Ursachen der Harnstauung (Tab. 3)

Anmerkung: Die Summe der Ursachen ergibt über 100% , da in einigen Fällen mehr als eine Ursache diagnostiziert wurde.

Konkremente: Mit 40,2% (N = 80) liegen an der Spitze der Ursachen für eine Harnstauung die Konkremente. Sie gliedern sich in Nierenkelch- und Nierenbeckensteine (außer Ausgußsteine) mit je 12,1% (N = 24), Nierenbeckenausgußsteine mit 11,1% (N = 22) und Uretersteine mit 5,0% (N = 10) .

Ureterabgangsstenosen: Der Anteil der Ureterabgangsstenosen

Tabelle 3

Einteilung der Harnstauungsniere (N = 199) nach den Ursachen der Harnstauung

Anmerkung: Die Summe der Ursachen ergibt über 100% , da z.T. mehrere Ursachen vorlagen.

Diagnose	N	%
Nierenkelchsteine	24	12,1
Nierenbeckensteine	24	12,1
Nierenbeckenausgußstein	22	11,1
Uretersteine	10	5,0
Ureterabgangsstenose	39	19,5
Sonstige Ureterstenose	9	4,5
Postvesikales Hindernis	13	6,5
Uro-Tuberkulose	10	5,0
Megaureter	6	3,0
Nierentumor	5	2,5
Blasentumor	6	3,0
Dysplastische Niere	5	2,5
Doppelniere	2	1,0
Beckenniere	2	1,0
Z.n. Nierenbeckenplastik	3	1,5
Z.n. Pyelolithotomie	2	1,0
Z.n. Ureterosigmoidostomie	2	1,0
Z.n. Ureterligatur (bei Beckenniere)	1	0,5
Blasen-Scheiden-Fistel	1	0,5
Ureter-Scheiden-Fistel	1	0,5
Ureterfistel	1	0,5
Kongenitale Hydronephrose	1	0,5

Tabelle 3, Fortsetzung

Retroperitonäale Fibrose (M.ORMOND)	2	1,0
Nephroptose	2	1,0
Nierencyste	1	0,5
Schrumpfniere	3	1,5
Pyelonephritis	2	1,0
Postrenale Anurie	3	1,5
Ursache nicht ermittelt	17	8,5

- - - - -

an den Ursachen für eine Harnstauung beträgt 19,5% (N = 39).
Andere Ursachen: In 6,5% (N = 13) war ein postvesikales Hindernis die Ursache für eine Harnstauung, in 5% (N = 10) eine Uro-Tuberkulose, in 4,5% (N = 9) eine Ureterstenose (außer Abgangsstenosen) . Andere Ursachen waren mit 3% (N=6) ein kongenitaler Megaureter, mit 2,5% (N = 5) ein Nierentumor, mit 3% (N = 6) ein Blasentumor und mit 2,5% (N=5) eine dysplastische Niere.

Aus Tab.3 können noch die restlichen Ursachen - 29 oder 14,6% - entnommen werden.

In 17 Fällen oder 8,5% konnte die Ursache nicht sicher ermittelt werden. Bei diesen Fällen handelte es sich fast ausschließlich um geringe, eventuell auch funktionell bedingte Abflußverzögerungen oder um eine Harnstauung bei hochgradig eingeschränkter Nierenfunktion, sodaß die Stauung im AUG nicht sicher beurteilt werden konnte.

2.3.3.3 Einteilung der Harnstauungsnieren nach dem Grad der Harnstauung (siehe Tab.4)

Die Einteilung nach dem Grad der Harnstauung wird nach der Form der Nephrogrammkurve vorgenommen. Voraussetzung ist hier wieder, daß aufgrund der Sequenzszintigraphie gesichert wurde, daß wirklich eine Harnstauung und nicht

etwa eine intrarenale Transportstörung vorlag.

a) Komplette Harnstauung:

Im Untersuchungszeitraum (etwa 25 min.) findet sich kein Abfall der Nephrogrammkurve; es liegt also ein sogenannter Akkumulationstyp vor. Bei unserem Patientengut fand sich dieser Befund in 63 Fällen, das sind 31,6% der Harnstauungsniere.

b) Partielle Harnstauung:

Es zeigt sich ein Abfall der Aktivitätskurve, aber T/2 ist verlängert. Dieser Befund ergab sich bei 121 Nieren oder in 60,9% .

c) Harnstauung lokal in einer Kelchgruppe:

Dieser Befund wird aufgrund des Sequenzsintigrammes gestellt und möglichst durch die "regions-of-interest"-Technik (Nephrogrammkurve über der betroffenen Kelchgruppe) erhärtet. Wir erhoben diesen Befund in 5 Fällen (2,5%) .

d) Intermittierende Harnstauung:

Im Nephrogramm zeigt sich ein meist funktionell bedingter diskontinuierlicher Abfall der Aktivitätskurve. Wir fanden sie bei 10 Nieren (5%).

- - - - -

Tabelle 4

Einteilung der Harnstauungsniere (N = 199) nach dem Grad der Harnstauung

Diagnose	N	%
Komplette Harnstauung	63	31,6
Partielle Harnstauung	121	60,9
Harnstauung lokal in einer Kelchgruppe	5	2,5
Intermittierende Harnstauung	10	5,0

2.4 Therapie

Die therapeutischen Möglichkeiten in der Urologie reichen von konservativen Maßnahmen wie antibiotischer Therapie oder medikamentöser Steinauflösung über das Legen einer ZEISS'schen Schlinge zur Steinentfernung bis zu organerhaltenden Operationen und zur Nephrektomie.

Im Folgenden unterscheiden wir zur Vereinfachung nur zwischen Nephrektomie, organerhaltendem operativen Vorgehen und keiner Operation. Unter dem Begriff "Organerhaltende Operation" verstehen wir dabei auch teilresezierende Operationen wie Polamputation oder Heminephrektomie.

In Tab.5 sind die organerhaltenden Operationen im einzelnen aufgeführt.

- - - - -

Tabelle 5

Organerhaltende Operationen (N = 113)

Anmerkung: Die Summe der Operationen ergibt über 100%, da sich die Operationen z.T. aus mehreren Teilen zusammensetzen.

Operation	N	%
Nierenbeckenplastik (ANDERSON/HYNES)	26	23,0
Pyelolithotomie	38	33,6
Nephrotomie	15	13,3
Calicotomie	7	6,2
Ureterolithotomie	7	6,2
Polamputation	19	16,8
Heminephrektomie	4	3,5
DAVIS- Schlitzung	3	2,7
Ureterplastik	3	2,7

Tabelle 5 , Fortsetzung

Fistelung (als einzige Maßnahme)	9	8,0
Fistelung (als zusätzliche Maßnahme)	25	22,1
Nephropexie	10	8,9
Nierentumor-Abtragung	2	1,8
Cystenabtragung	3	2,7
Psoas-bladder-hitch-procedure	3	1,8
Ureterimplantation n.POSITANO-LEADBETTER	7	6,2
Ileal conduit n.BRICKER	1	0,9
Ureteroileocystostomie	1	0,9
Intraabdominale Ureterverlagerung (bei M. ORMOND)	1	0,9
Durchtrennung einer Hufeisenniere	1	0,9

- - - - -

2.4.1 Therapie bei den pathologischen Nieren insgesamt (Tab.6, Abb. 1)

Von den 321 Nieren mit pathologischem Befund wurde bei 16,5% (N = 53) eine Nephrektomie vorgenommen, zusätzlich noch in 3 Fällen nach dem vorausgegangenen vergeblichen Versuch einer Organerhaltung. Bei 35,2% war ein organerhaltendes Vorgehen möglich (N = 113). In 48,1% der Fälle - das sind 155 der 321 pathologischen Nieren - wurde keine Operation vorgenommen.

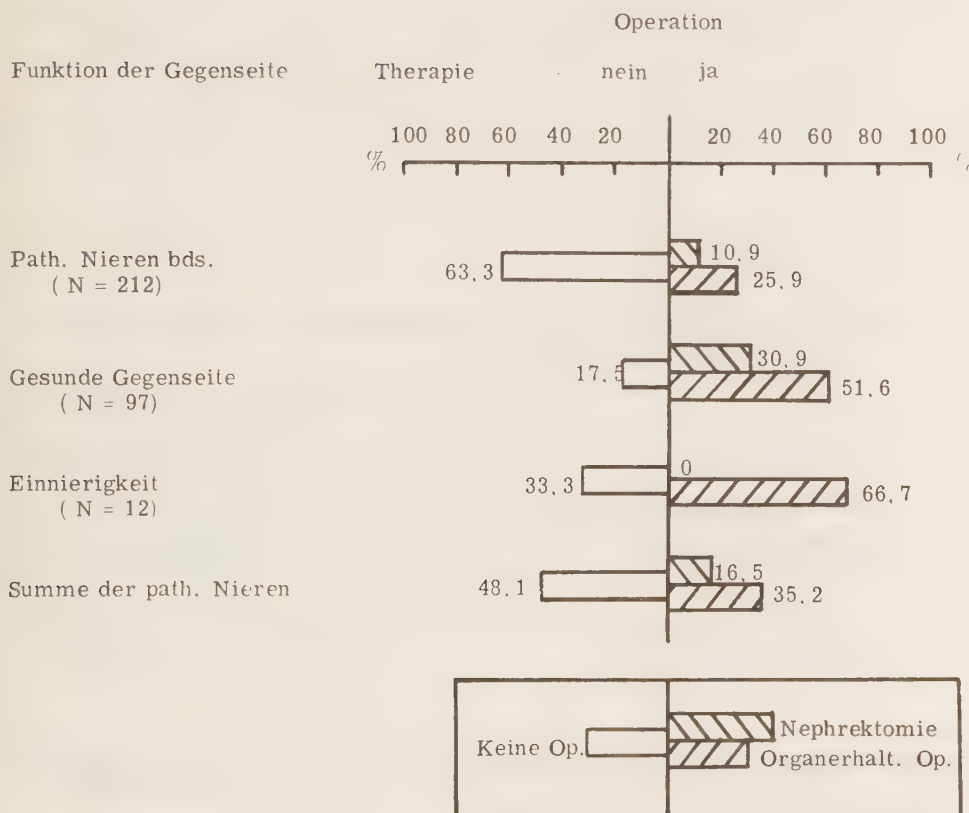
2.4.2 Therapeutisches Vorgehen in Abhängigkeit von der Funktion der kontralateralen Niere (Tab. 6, Abb.1)

a) Nephrektomie

Am häufigsten nephrektomiert wurde mit 30,9% (30 von 97) bei den pathologischen Nieren mit gesunder Gegenseite. Bei pathologischem Befund beidseits lag der Prozentsatz bei 10,9% (23 von 212). Nicht nephrektomiert wurde bei den Einzelniere mit pathologischem Befund.

Abb. 1

Therapie in Abhängigkeit von der Funktion
der kontralateralen Niere



b) Organerhaltendes operatives Vorgehen

Mit einem Prozentsatz von 66,7% (8 von 12) führen hier die Einzelnieren; bei gesunder Gegenseite wurde in 51,6% (50 von 97) der Fälle eine organerhaltende Operation durchgeführt. Bei pathologischem Befund beidseits geschah dies in 25,9% (55 von 212).

c) Keine Operation

Nicht operiert wurden 63,3% (134 von 212) der pathologischen Nieren bei pathologischem Befund beidseits, 33,3% (4 von 12) bei Einnierigkeit und 17,5% (17 von 97) bei gesunder kontralateraler Niere.

- - - - -

Tabelle 6

Therapeutisches Vorgehen in Abhängigkeit von der Funktion der kontralateralen Niere

Diagnose	N	Nephrektomie		Organerh.Op.		Keine Op.	
		N	%	N	%	N	%
Pathol.Nieren bds.	212	23	10,9	55	25,9	134	63,3
Gesunde Gegenseite	97	30	30,9	50	51,6	17	17,5
Einnierigkeit	12			8	66,7	4	33,3
Summe	321	53	16,5	113	35,2	155	48,1

- - - - -

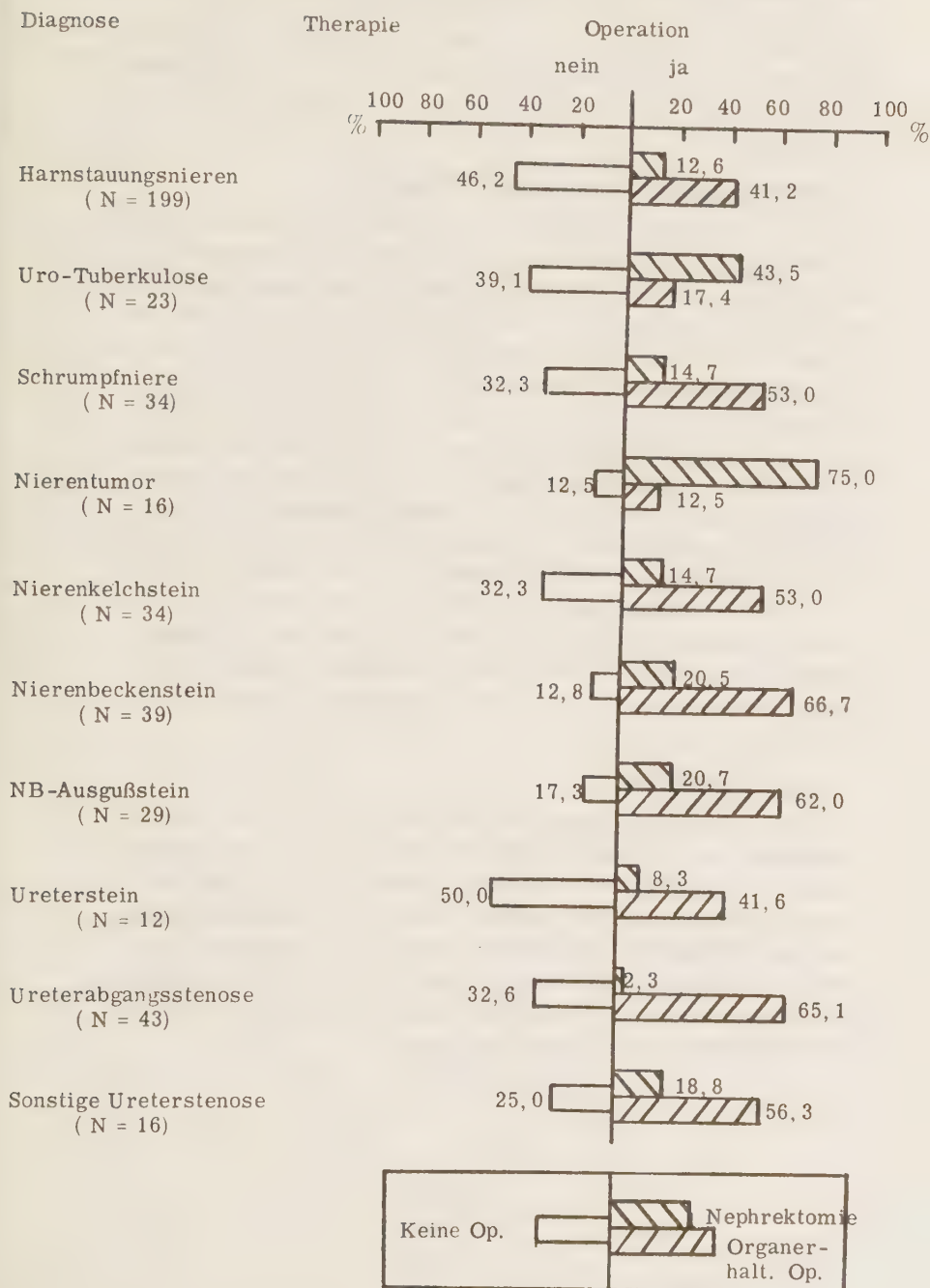
2.4.3 Therapeutisches Vorgehen in Abhängigkeit von der Diagnose (Tab. 7, Abb.2)

a) Nephrektomie

Am häufigsten, nämlich in 75% (12 von 16) der Fälle wurde nephrektomiert bei den Nierentumoren, in 43,5% (10 von 23) bei den Uro-Tuberkulosen. Bei Nierenbecken- ausgußsteinen wurde in 20,7% (6 von 29), bei sonstigen Nierenbeckensteinen in 20,5% (8 von 39) nephrektomiert.

Abb. 2

Therapie in Abhängigkeit von der Diagnose



Es folgen mit 18,8% (3 von 16) die Ureterstenosen (außer Abgangsstenosen), mit je 14,7% (je 5 von 34) die Schrumpfnieren und die Nierenkelchsteine und mit 12,6% die Harnstauungsniere insgesamt (25 von 199). Außerdem wurde noch in jeweils einem Fall bei einem Ureterstein und bei einer Ureterabgangsstenose eine Nephrektomie vorgenommen.

b) Organerhaltendes operatives Vorgehen

Hier stehen prozentual an der Spitze die Nierenbeckensteine mit 66,7% (26 von 39), mit 65,1% (28 von 43) die Ureterabgangsstenosen, und die Nierenbeckenausgußsteine mit 62% (18 von 29). Es folgen mit 56,3% (9 von 16) die sonstigen Ureterstenosen und mit je 53% (18 von 34) Nierenkelchsteine und Schrumpfnieren. Bei der Diagnose Ureterstein war in 41,6% (5 von 12) ein organerhaltendes operatives Vorgehen möglich, bei den Uro-Tuberkulosen in 17,4% (4 von 23). Organerhaltend vorgegangen werden mußte in 12,5% (2 von 16) bei den Nierentumoren - bei diesen beiden Tumoren (1 Hypernephrom, 1 Cystenwand-Ca) konnte nicht nephrektomiert werden, da in ersterem Falle die kontralaterale Niere so gut wie funktionslos war. Im zweiten Falle mußte die Gegenseite in gleicher Sitzung wegen eines Hypernephroms entfernt werden. (Zur Ergänzung: die anderen beiden, nicht operierten Hypernephrome waren inoperabel.)

c) Keine Operation

Nicht operiert werden konnte bzw. mußte in 50% der Patienten mit Uretersteinen, bei 46,2% der Harnstauungsniere, in 39,1% der Uro-Tuberkulosen, in 32,6% der Ureterabgangsstenosen und in jeweils 32,3% bei Nierenkelchsteinen und Schrumpfnieren. Weiter wurde nicht operiert bei 25% der sonstigen Ureterstenosen, in 17,3% der Nierenbeckenausgußsteine, in 12,8% der Nierenbeckensteine und, wie erwähnt, bei 2 der 16 Nierentumoren.

Tabelle 7

Therapeutisches Vorgehen in Abhängigkeit von der Diagnose

Diagnose	N	Nephrektomie		Organerh.Op.		Keine Op.	
		N	%	N	%	N	%
Harnstauungsniere	199	25	12,6	82	41,2	92	46,2
Uro-Tuberkulose	23	10	43,5	4	17,4	9	39,1
Schrumpfniere	34	5	14,7	18	53,0	11	32,3
Nierentumor	16	12	75,0	2	12,5	2	12,5
Nierenkelchstein	34	5	14,7	18	53,0	11	32,3
Nierenbeckenstein	39	8	20,5	26	66,7	5	12,8
NB-Ausgußstein	29	6	20,7	18	62,0	5	17,3
Ureterstein	12	1	8,3	5	41,6	6	50,0
Ureterabgangsstenose	43	1	2,3	28	65,1	14	32,6
Sonstige Uretersten.	16	3	18,8	9	56,3	4	25,0

- - - - -

Zunächst sollen die bei den gesunden Nieren errechneten Mittelwerte von Nephrogramm- und Clearancewerten aufgeführt und zum Vergleich eine Zusammenstellung von Normalwerten anderer Autoren gegeben werden. Weiter soll die Abhängigkeit der Clearance von der Funktion der Gegenseite und vom Grad der Harnstauung untersucht werden. Darauf soll ein Vergleich folgen zwischen verschiedenen nuklearmedizinischen und klinisch-radiologischen Parametern. Zum Abschluß soll anhand der Kriterien "Übereinstimmung mit der Klinik, Mehrinformation und Einfluß auf die Therapie die Wertigkeit der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie in der urologischen Diagnostik untersucht werden.

3.1 Nephrogrammwerte einschließlich seitengetrennter ^{131}J -Hippuran-Clearance

Man unterscheidet im Nephrogramm 3 verschiedene Phasen: Phase I: Sogenannte Initialphase oder "Durchblutungsphase" sie umfaßt den steilen geradlinigen Anstieg der Nephrogrammkurve.

Phase II: Sogenannte "Sekretionsphase"; sie dauert vom Ende von I bis zur maximalen Impulsrate.

Phase III: Sogenannte "Exkretionsphase"; sie umfaßt den abfallenden Teil der Nephrogrammkurve.

Zur semiquantitativen Auswertung der Nephrogrammkurven wurden folgende Auswertungskriterien eingeführt (21,39):

- 1) T_{max}: Zeitspanne vom Beginn der Untersuchung (Injektion des ^{131}J -Hippuran) bis zum Erreichen der maximalen Impulsrate (y).
- 2) T/2: Zeitspanne vom Erreichen der maximalen Impulsrate y bis zum Abfall auf y/2.
- 3) Sekretionswert SW: Quotient aus der Impulsrate nach 2 min. (s) und der Impulsrate am Ende der Initialphase (x), also s/x.
- 4) % Konz./min.: Dieser Wert errechnet sich aus dem Quotienten Z/T_{max}. Die "Totalkonzentration" Z stellt

den von den Nieren über das Niveau der Initialphase konzentrierten prozentualen Substanzanteil dar. Sie wird bestimmt nach der Formel:

$$Z = \frac{100 (y - x)}{x}$$

5) % Exkr./min.: Sie besteht aus dem Quotienten von Z und T_e . Dieses T_e ist die Zeitspanne vom Erreichen der maximalen Impulsrate bis zum Abfall auf x (Impulsrate am Ende der Phase I).

Die Bestimmung der seitengetrennten ^{131}J -Hippuran-Clearance wurde bereits erläutert (2.2.3.1).

3.1.1 Nephrogrammwerte und seitengetrennte ^{131}J -Hippuran-Clearance bei den gesunden Nieren (Tab. 8a)

Die Anzahl der untersuchten gesunden Nieren betrug 108. Allerdings konnten in 5 Fällen wegen technischer Defakte die Nephrogrammwerte nicht oder nur unvollständig ermittelt werden, sodaß 103 Nephrogramme von gesunden Nieren für die Mittelwertsberechnung zur Verfügung standen. Es ergaben sich folgende Mittelwerte:

Die Maximalzeit T_{max} betrug $3,06 \pm 0,90$ min., die "Halbwertszeit" $T/2$ lag bei $6,10 \pm 2,26$ min., der mittlere Sekretionswert SW betrug $1,64 \pm 0,20$. Der Mittelwert der Prozent-Minuten-Konzentration %Konz./min. war $28,19 \pm 9,56$, der mittlere Wert der Prozent-Minuten-Exkretion %Exkr./min. war $18,97 \pm 8,08$.

Für die Mittelwertbildung der seitengetrennten ^{131}J -Hippuran-Clearance standen 64 gesunde Nieren zur Verfügung. Es ergab sich ein Mittelwert (für die Einzelnieren) von 291 ± 92 ml/min. $\times 1,73 \text{ m}^2 \text{ KOF}$.

Diese Werte gelten als Normalwerte und werden den Werten von erkrankten Nieren gegenübergestellt.

Zum Vergleich zu unseren Normalwerten sind in Tabelle 8b und c die Nephrogramm- und Clearance- Normalwerte anderer Autoren zusammengestellt.

Tabelle 8 a

Nephrogrammwerte und seitengetrennte ^{131}J -Hippuran-Clearance bei den gesunden Nieren.

	$\bar{x}$	$\pm$	s	N
Tmax (min)	3,06	$\pm$	0,90	103
T/2 (min)	6,10	$\pm$	2,26	"
SW	1,64	$\pm$	0,20	"
%Konz./min.	28,19	$\pm$	9,56	"
%Exkr./min.	18,97	$\pm$	8,08	"
^{131}J -Hippuran-Clearance (der Einzelniere ₂ in ml/min. $\times 1,73 \text{ m}^2 \text{ KOF}$)	291	$\pm$	92	64

Tabelle 8 b

Nephrogramm- Normalwerte anderer Autoren

Lit.Verz. Nr.	3	13	14	17	21	29 a	31
N		44				50	90
Tmax li. (min)re.	3,5 3,0	4	< 6	< 6		2,9 ± 0,5	3,5±0,55 3,4±0,49
T/2 li. (min)re.	7,8 6,7	7		< 18		4,2 ± 1,2	
SW li. re.	1,39 1,36		> 1,25	> 1,25	> 1,25	1,70±0,31	1,48±0,1 1,57±0,09
%Konz.li. /min. re.			> 11,5 > 10,5			30,2±13,9	23,88±3,07 29,95±2,65
%Exkr.li. /min. re.			> 10 > 9			25,2±8,5	17,9 ± 2,51 (N = 139)

Lit.Verz. Nr.	39	49	67	43
N			9	68
Tmax li. (min)re.	3,50 3,68	2,64±0,70 2,53±0,78	5'30"±2'32" 5'24"±2'29"	2,75 ± 0,68 2,66 ± 0,67
T/2 li. (min)re.				6,09 ± 1,95 6,14 ± 2,29
SW li. re.		1,65±0,07 1,63±0,08		
%Konz.li. /min. re.	20,6±8,9 20,0±9,8			17,7 ± 6,2 16,7 ± 5,7
%Exkr.li. /min. re.	17,4±9,1 16,9±9,0			17,7 ± 5,4 16,0 ± 5,7

^{131}J -Hippuran-Clearance -Normalwerte anderer Autoren

Autor	Lit.Verz. Nr.	^{131}J -Hippuran-Clearance (Gesamtclearance in ml/min. $\times 1,73 \text{ m}^2 \text{ KOF}$)
HÖR	33	596,6 $\pm$ 171,9
OBERHAUSEN	48	>400
PIXBERG	58	♂ 550 $\pm$ 130 ♀ 530 $\pm$ 110
ZITA	78	♂ 613,85 $\pm$ 133 ♀ 597,30 $\pm$ 130

- - - - -

3.1.2 Seitengetrennte ^{131}J -Hippuran-Clearance der Einzelniere bei Harnstauung (Tab. 9 und Abb. 3)

Die bekannte Tatsache, daß eine länger andauernde Harnstauung zu einer Einschränkung der Nierenfunktion führt, veranlaßte uns zu der Untersuchung, inwieweit eine Abhängigkeit zwischen dem Schweregrad der Harnstauung und der seitengetrennten ^{131}J -Hippuran-Clearance besteht. Die Untersuchung erbrachte folgendes Ergebnis:

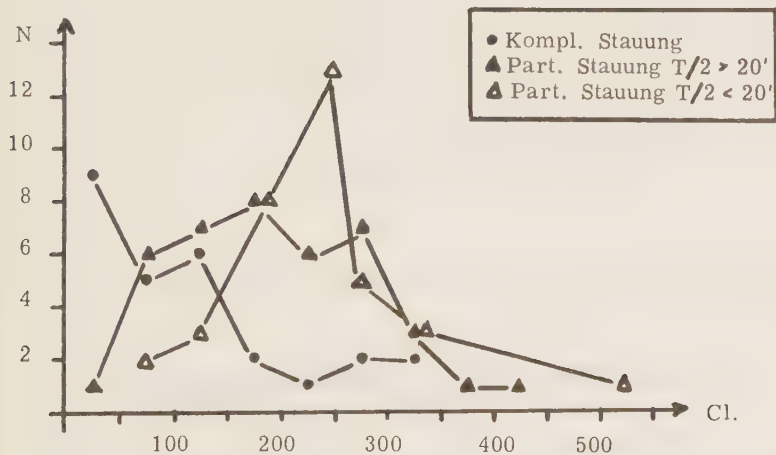
a) Komplette Harnstauung: Hier betrug bei 27 untersuchten Nieren die mittlere Clearance $106 \pm 95 \text{ ml/min.}$ (jeweils bezogen auf $1,73 \text{ m}^2$ Körperoberfläche).

b) Partielle Harnstauung: Die 75 Nieren aus dieser Gruppe unterteilten wir noch in zwei Untergruppen, je nachdem, ob T/2 über oder unter 20 min. betrug, im letzteren Falle also noch innerhalb des Untersuchungszeitraumes lag.
T/2 über 20 min.: Es ergab sich bei 40 Nieren eine Clearance von $191 \pm 88 \text{ ml/min.}$

T/2 unter 20min.: Bei 35 Nieren betrug die Clearance

Abb. 3

^{131}J -Hippuranclearance der Einzelniere bei kompletter u. Partieller Stauung



$\text{Cl} = ^{131}\text{J}$ -Hippuranclearance der Einzelniere ($\text{ml} / \text{min.} \times 1,73 \text{ m}^2 \text{KOF}$)

225 $\pm$ 114 ml/min.

c) Harnstauung lokal in einer Kelchgruppe: Der aus der Clearance der 3 betroffenen Nieren errechnete Mittelwert war 172 $\pm$ 41 ml/min.

d) Intermittierende Harnstauung: Bei den 6 Nieren mit diesem Befund ergab die Clearance einen Mittelwert von 242 $\pm$ 114 ml/min.

Zusammenfassung: Mit zunehmendem Schweregrad der Harnstauung zeigt sich deutlich eine Abnahme der seitengetrennten ^{131}J -Hippuran-Clearance.

- - - - -

Tabelle 9

Seitengetrennte ^{131}J -Hippuran-Clearance der Einzelniere bei Harnstauung (N = 111)

Grad der Harnstauung	^{131}J -Hipp.-Clearance (ml/min. $\times$ 1,73 m ² KOF)	N
	$\bar{x} \pm s$	
Komplett	106 $\pm$ 95	27
Partiell (T/2 > 20 min.)	191 $\pm$ 88	40
Partiell (T/2 < 20 min.)	225 $\pm$ 77	35
Lokal in einer Kelchgruppe	172 $\pm$ 41	3
Intermittierend	242 $\pm$ 114	6

Komplett = im Untersuchungszeitraum kein Abfluß

Partiell = im Untersuchungszeitraum Abfluß vorhanden

Abfall der Nephrogrammkurve auf 50 % in
mehr als 20 min.

weniger als 20 min.

Intermittierend = stufenförmiger Abfall der Kurve

- - - - -

3.1.3 Clearance der gesunden Nieren im Vergleich zur Clearance der kontralateralen pathologischen Nieren (Tab.10)

Die nach Nephrektomie bei der Restniere zu beobachtende Hypertrophie veranlaßte uns zu der Untersuchung, ob sich dies auch bei der gesunden Gegenseite einer Niere mit eingeschränkter Funktion zeigt. Wir untersuchten dies, indem wir Clearance der gesunden Nieren und Clearance der pathologischen Gegenseiten einander gegenüberstellten. Dazu wurden jeweils aus bestimmten Clearance-Bereichen der pathologischen Nieren Mittelwerte gebildet und mit den Mittelwerten der gesunden Gegenseiten verglichen.

Wie Tabelle 10 zeigt, ergibt sich keinerlei Beziehung zwischen der Funktion der pathologischen Nieren und der Funktion der kontralateralen gesunden Nieren.

- - - - -

Tabelle 10

Clearance der gesunden Nieren im Vergleich zur Clearance der kontralateralen pathologischen Nieren

Clearance path. Niere (ml /min. x 173 m ² KOF)			Clearance ges.Niere			N
Bereich	$\bar{x}$	$\pm s$	$\bar{x}$	$\pm s$		
0 - 50	5	± 12	303	± 64		11
51 - 100	75	± 16	303	± 78		6
101 - 150	125	± 11	273	± 118		11
151 - 200	182	± 14	300	± 99		8
201 - 250	216	± 16	267	± 59		8
> 250	329	± 59	353	± 78		12

- - - - -

3.2 Vergleich der Aussagekraft der Parameter ^{131}J -Hippuran-Clearance, Sekretionswert, Breite des Parenchymsaums, Harnstoff -N und Creatinin zur Beurteilung der Funktion des Nierenparenchyms

Zur Beurteilung der Aussagekraft von nuklearmedizinischen Parametern, insbesondere der seitengesetzten ^{131}J -Hippuran-clearance, soll in den folgenden Untersuchungen ein direkter Vergleich zwischen diesen Parametern und klinisch- radiologischen Kriterien zur Funktionsbeurteilung vorgenommen werden.

3.2.1 Beziehung zwischen ^{131}J -Hippuran-Clearance (Gesamtclearance) und Serumspiegeln von Harnstoff-N und Creatinin. (Tab.11 und Abb. 4a und b)

Die Punkte der Kurven wurden durch Mittelwertbildung der Retentionswerte aus sieben Clearance-Bereichen ermittelt und mit ihren einfachen Standardabweichungen in die beiden Punktdiagramme der Einzelwerte eingezeichnet.

Die Kurven zeigen einen Verlauf, wie er vom Vergleich von Retentionswerten und labormäßig bestimmten Clearance-Werten (Creatinin-, PAH-, Inulin-Clearance) her bekannt ist: Wenn man den Kurvenverlauf bei hohen Clearance-Werten beginnend betrachtet, zeigt sich in beiden Kurven zunächst ein flacher, geradliniger Anstieg. Bei einer Einschränkung der Clearance auf Werte um 200 ml/ min. erfolgt dann ein steiler Anstieg. In diesem Bereich sind unsere Kurven allerdings relativ ungenau, da in dem untersuchten Patientengut nur wenige Patienten mit hochgradiger Niereninsuffizienz waren.

Daraus läßt sich folgern: Die Clearance-Bestimmung zeigt eine Einschränkung der Nierenfunktion bereits an, bevor die Retentionswerte über den Normalbereich ansteigen. Zudem erlauben die Retentionswerte keine Aussage über die Funktion der einzelnen Niere, wie sie durch die seitengesetzte Bestimmung der ^{131}J -Hippuran-Clearance möglich wird.

Beziehung zwischen ^{131}I -Hippuran-Clearance (Gesamtclearance beider Nieren) und dem Harnstoff-N-Spiegel im Serum

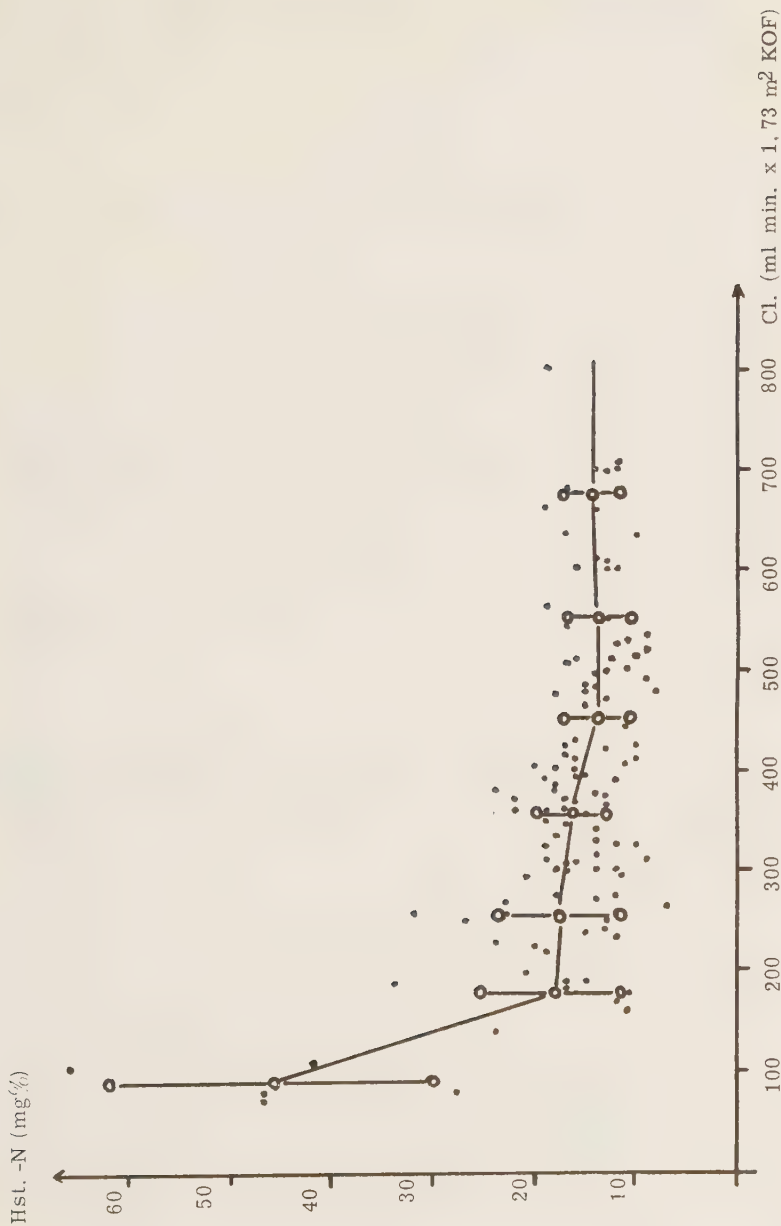


Abb. 4b
 Beziehung zwischen ^{131}J -Hippuran-Clearance (Gesamtclearance
 beider Nieren) und dem Creatininspiegel im Serum

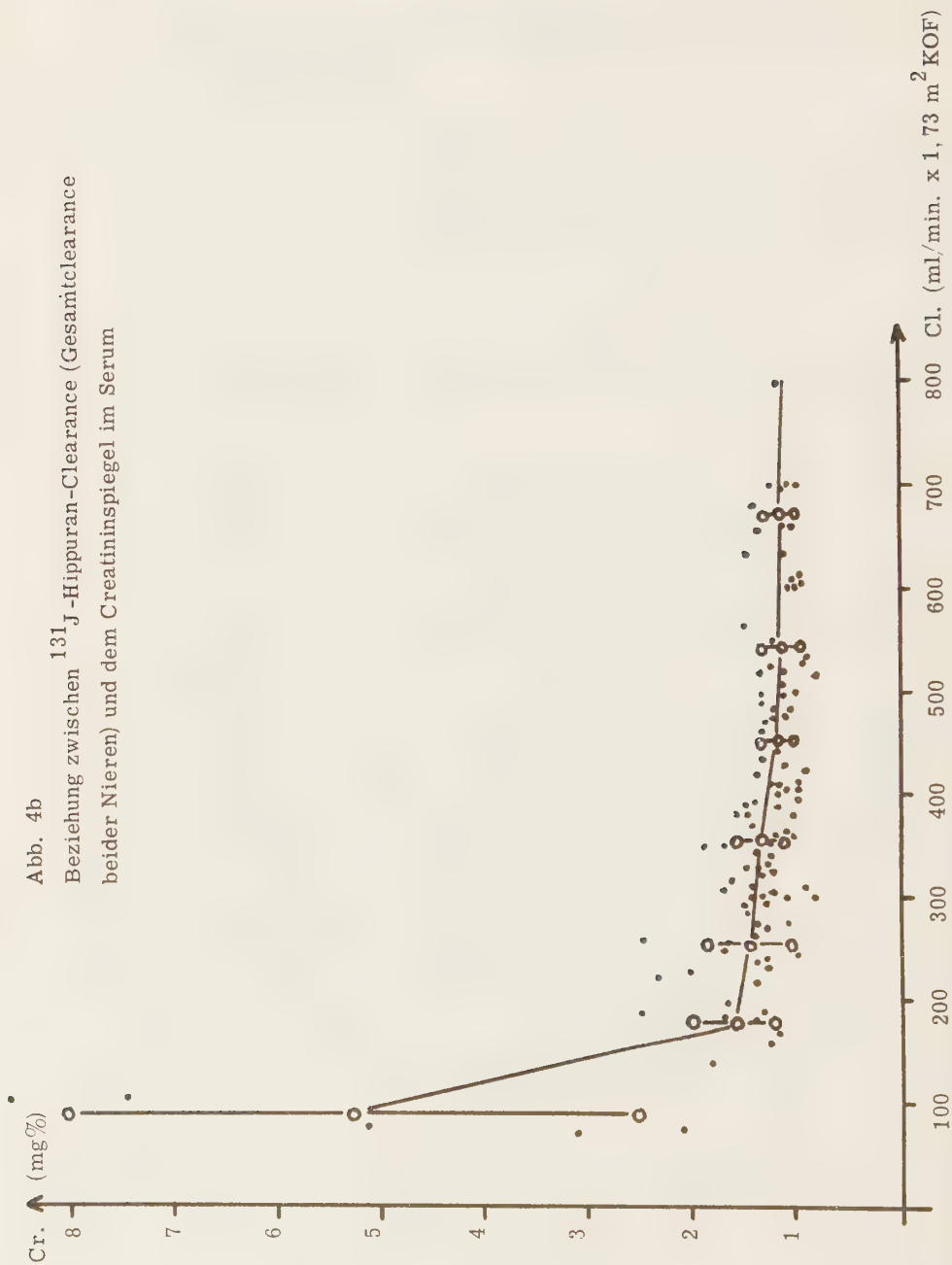


Tabelle 11

Beziehung zwischen ^{131}J -Hippuran-Clearance (Gesamtclearance beider Nieren) und den Serumsiegeln von Harnstoff-N und Creatinin

Wertetafel für die Mittelwertkurven

^{131}J -Hipp.-Clearance (ml/ min.)		Harnstoff-N (mg %)	Creatinin (mg %)	
Bereich	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	N
0 - 110	89 $\pm$ 16	46,0 $\pm$ 14,0	5,31 $\pm$ 2,77	5
111 - 200	177 $\pm$ 18	18,0 $\pm$ 7,5	1,62 $\pm$ 0,40	9
201 - 300	252 $\pm$ 63	17,5 $\pm$ 6,0	1,48 $\pm$ 0,40	21
301 - 400	354 $\pm$ 29	16,3 $\pm$ 3,4	1,37 $\pm$ 0,22	31
401 - 500	449 $\pm$ 36	13,8 $\pm$ 3,2	1,21 $\pm$ 0,14	22
501 - 600	543 $\pm$ 34	13,8 $\pm$ 3,2	1,16 $\pm$ 0,18	15
> 600	673 $\pm$ 54	14,4 $\pm$ 2,9	1,17 $\pm$ 0,15	12

- - - - -

3.2.2 Beziehung zwischen Breite des Parenchymsaumes und seitengetrennter ^{131}J -Hippuran-Clearance (Abb. 5a - c)

Die Breite des Parenchymsaumes im Ausscheidungsurogramm gibt einen groben Anhalt für die Menge des vorhandenen Parenchyms. Sie nimmt ab z.B. bei längerdauernder Harnstauung, mit der eine Funktionseinschränkung einhergeht. Es wurde untersucht, wie die Beziehung ist zwischen Parenchymbreite und seitengetrennter ^{131}J -Hippuran-Clearance (als Kriterium für die Funktionseinschränkung).

Dazu wurden drei Punktdiagramme gezeichnet, eines für sämtliche Nieren, eines für die gesunden Nieren und eines für die Nieren mit pathologischem Befund. Außerdem wurde jeweils eine Regressionsgerade gelegt und die Korrelation r der Punkte zu dieser Geraden errechnet.

Abb. 5a

Beziehung zwischen Breite des Parenchymsaums und ^{131}J -Hippuran-Clearance
Sämtliche Nieren (N = 162)

^{131}J -Hippuran-Clearance
p = Breite des Parenchymsaums
● = path. Nieren
x = gesunde Nieren
r = Korrelationskoeffizient
SW = Sekretionswert



Abb. 5b

Beziehung zwischen Breite des Parenchymsaums und ^{131}J -Hippuran-Clearance
Gesunde Nieren (N = 43)

Zeichenerklärung: siehe Abb. 5a

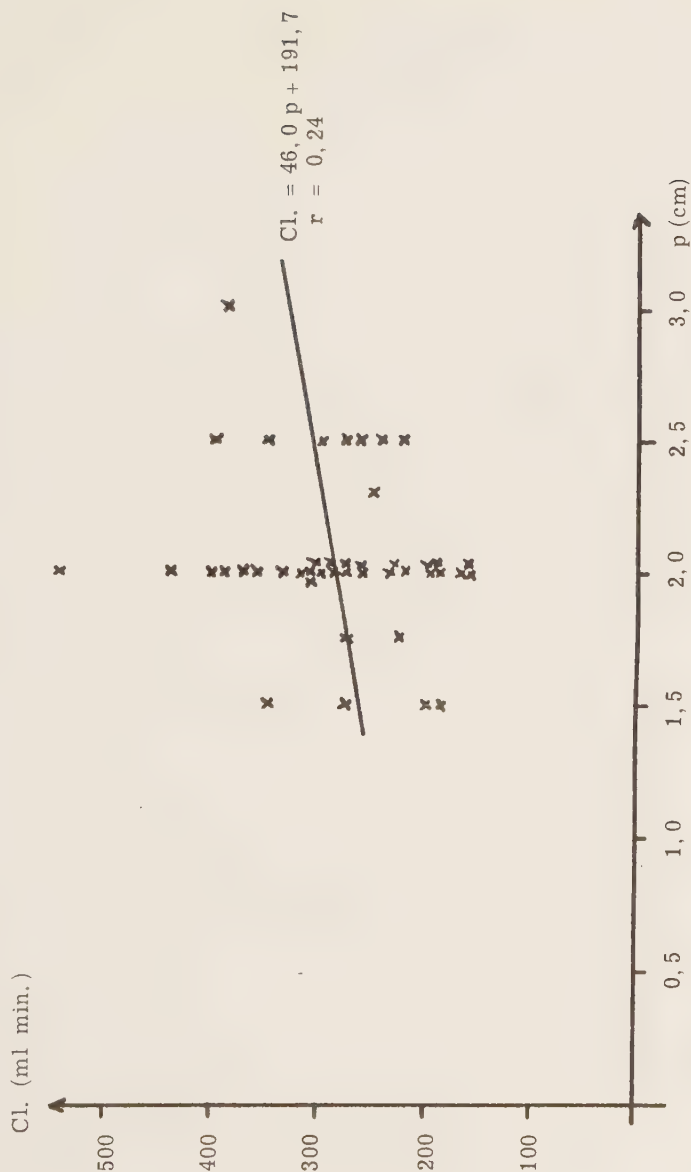
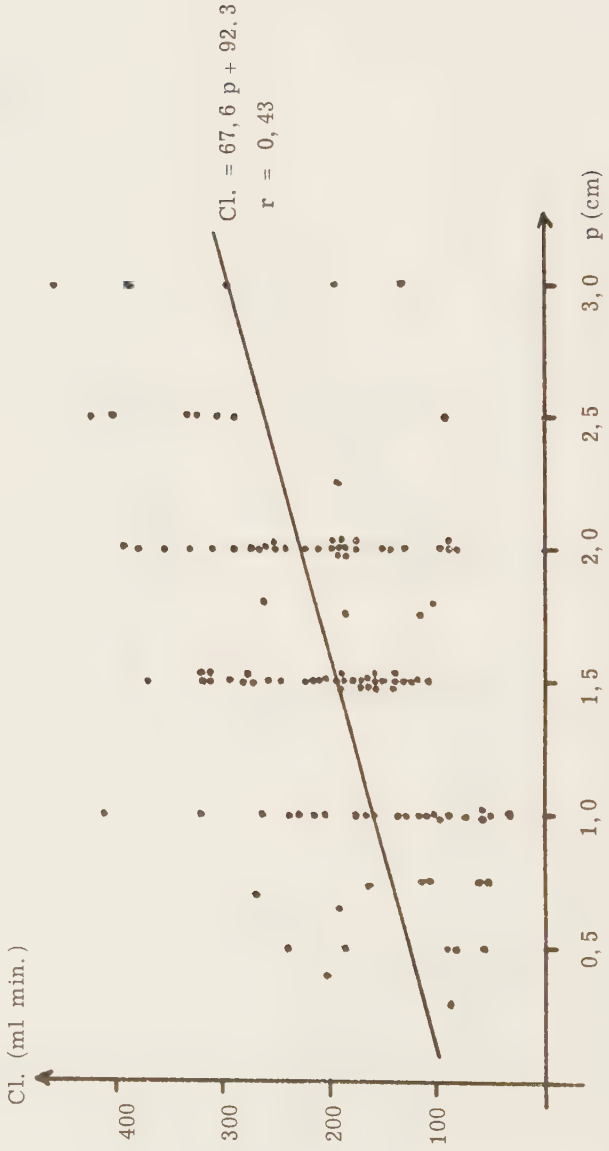


Abb. 5c

Beziehung zwischen Breite des Parenchymsaums und ^{131}J -Hippuran-Clearance
Pathologische Nieren ($N = 119$)

Zeichenerklärung: siehe Abb. 5a



Ergebnisse:

a) Sämtliche Nieren (N = 162):

Die Gleichung der Regressionsgeraden lautet: $Cl = 82,6 p + 81,0$ ($Cl = {}^{131}J$ -Hippuran-Clearance in ml/ min. $\times 1,73 m^2$ KOF). Die Korrelation beträgt $r = 0,48$.

b) Gesunde Nieren (N = 43):

Hier lautet die Gleichung der Geraden: $Cl = 46,0 p + 191,7$.
Die Korrelation ist $r = 0,24$.

c) Nieren mit pathologischem Befund (N = 119):

Regressionsgerade $Cl = 67,6 p + 92,3$; Korrelation $r = 0,43$.

Zusammenfassend läßt sich sagen: Zwischen Breite des Parenchymsaums und ${}^{131}J$ -Hippuran-Clearance ergibt sich bei den gesunden Nieren so gut wie keine Abhängigkeit. Eine geringe Abhängigkeit ergibt sich bei pathologischen Nieren und untersuchten Nieren insgesamt. Zu den Kurven der beiden letztgenannten Gruppen ist noch Folgendes zu sagen: Die Steigungen der Geraden sind sicher zu gering, da bei dünnem Parenchymsaum die Parenchymbreite im AUG oft nicht mehr, bzw. nur noch bei relativ guter Clearancefunktion zu erkennen war, sodaß in diesem Bereich des Punktediagramms die hohen Clearance-Werte überrepräsentiert sind.

3.2.3 Beziehung zwischen ${}^{131}J$ -Hippuran-Clearance und Sekretionswert (Abb. 6 a - c)

Vor Einführung der seitengetrenten ${}^{131}J$ -Hippuran-Clearance wurde bei der nuklearmedizinischen Untersuchung in erster Linie der Sekretionswert (SW) zur Beurteilung der tubulosekretorischen Funktion der Niere herangezogen. Der Vergleich zwischen beiden Parametern erbrachte folgendes Ergebnis (Erstellung der Kurven wie unter 3.2.2):

a) Sämtliche Nieren (N = 201):

Gleichung der Regressionsgeraden: $SW = 0,0010 Cl + 1,300$.
Korrelationskoeffizient $r = 0,45$.

b) Gesunde Nieren (N = 57):

Die Gleichung lautet: $SW = 0,0002Cl + 1,585$; $r = 0,08$.

Abb. 6a

Beziehung zwischen ^{131}J -Hippuran-Clearance und Sekretionswert
Sämtliche Nieren (N = 201)

Zeichenerklärung: siehe Abb. 5a

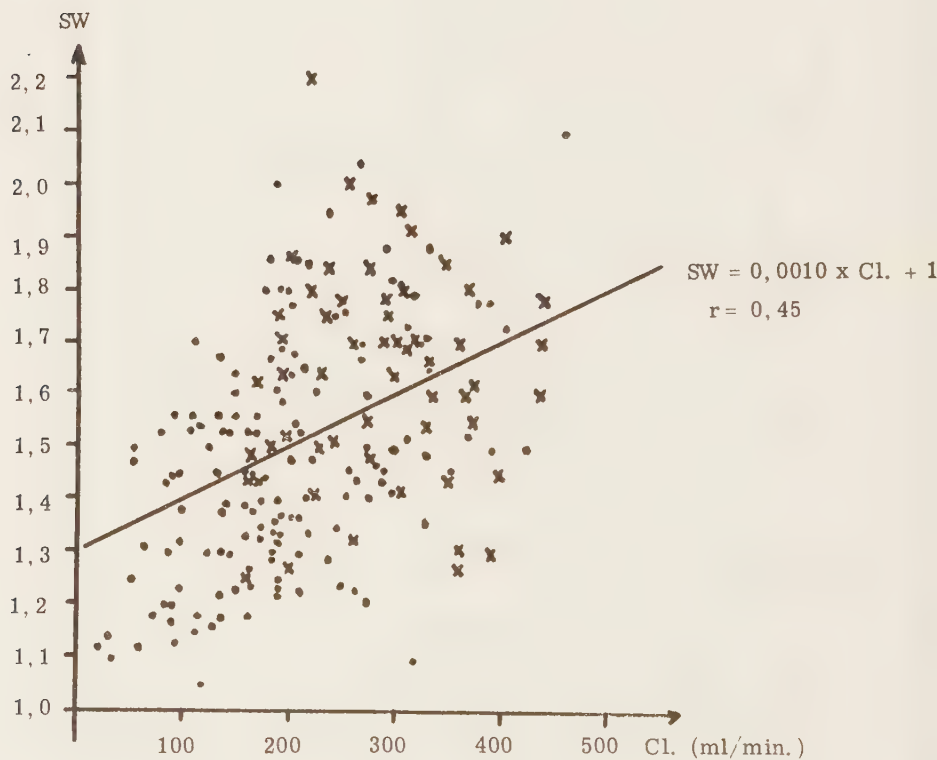


Abb. 6b

Beziehung zwischen ^{131}J -Hippuran-Clearance und Sekretionswert
Gesunde Nieren (N = 57)

Zeichenerklärung: siehe Abb. 5a

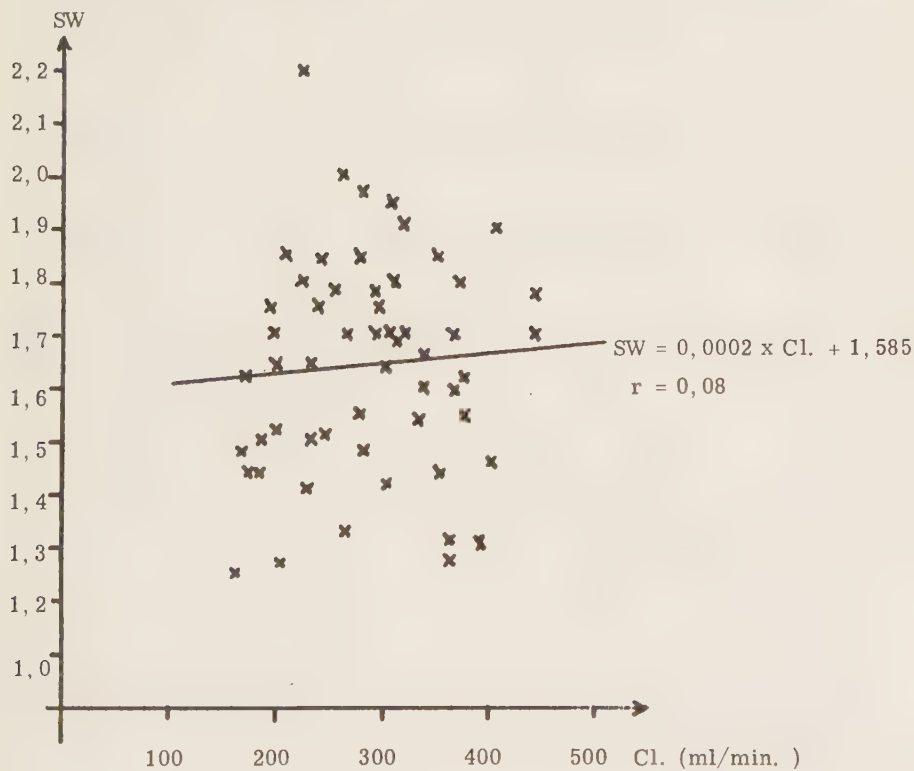
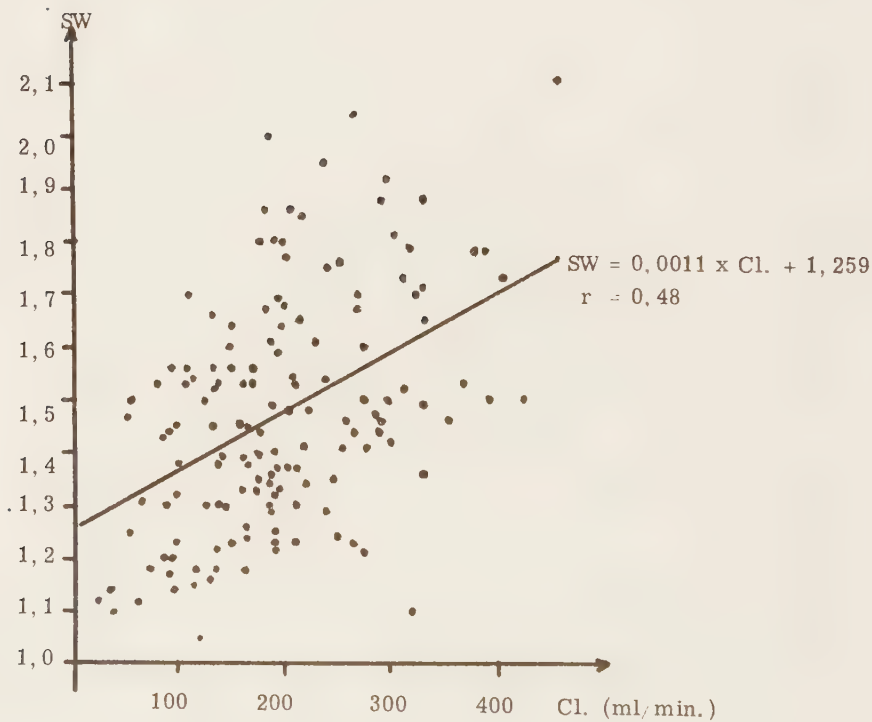


Abb. 6c

Beziehung zwischen ^{131}J -Hippuran-Clearance und Sekretionswert
Pathologische Nieren (N = 144)

Zeichenerklärung: siehe Abb. 5a



c) Pathologische Nieren (N = 144) :

Die Regressionsgerade hat die Gleichung: $SW = 0,0011 Cl + 1,259$. Die Korrelation beträgt $r = 0,48$.

Zusammenfassend kann man sagen: Obwohl ^{131}J -Hippuran-Clearance und Sekretionswert verwandte nuklearmedizinische Parameter sind, ergibt sich zwischen ihnen nur eine Korrelation von maximal 0,48 . Bei den gesunden Nieren ist keinerlei Beziehung festzustellen ($r = 0,08$) .

3.2.4 Beziehung zwischen Breite des Parenchymsaums und Sekretionswert (Abb. 7 a - c)

Zur Ergänzung wurde noch die Beziehung zwischen Parenchymsaum und Sekretionswert untersucht. Es zeigten sich folgende Ergebnisse:

a) Sämtliche Nieren (N = 242) :

Gleichung des Ausgleichsgeraden: $SW = 0,104 p + 1,351$.
Korrelationskoeffizient $r = 0,26$.

b) Gesunde Nieren (N = 75) :

Gleichung: $SW = -0,054 p + 1,752$. Korrelation $r = - 0,10$.

c) Nieren mit pathologischem Befund (N = 167) :

Regressionsgerade: $SW = 0,092 p + 1,337$. Korrelation $r = 0,23$.

Zusammenfassend läßt sich sagen: Mit einer Korrelation von maximal 0,26 ergab sich so gut wie keine Beziehung zwischen der Breite des Parenchymsaums und dem Sekretionswert.

Beziehung zwischen Breite des Parenchymsaums und Sekretionswert Sämtliche Nieren (N = 242)

Zeichenerklärung: siehe Abb. 5a



Abb. 7b

Beziehung zwischen Breite des Parenchymsaums und Sekretionswert
Gesunde Nieren (N = 75)

Zeichenerklärung: siehe Abb. 5a

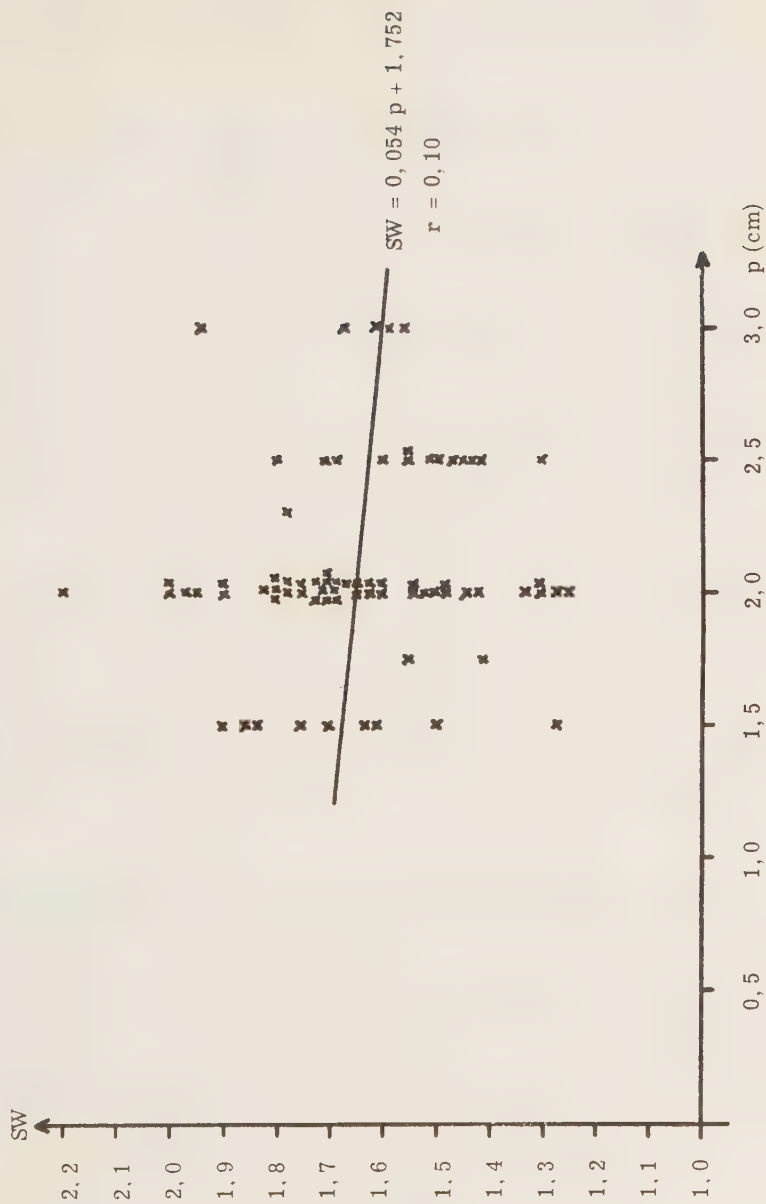
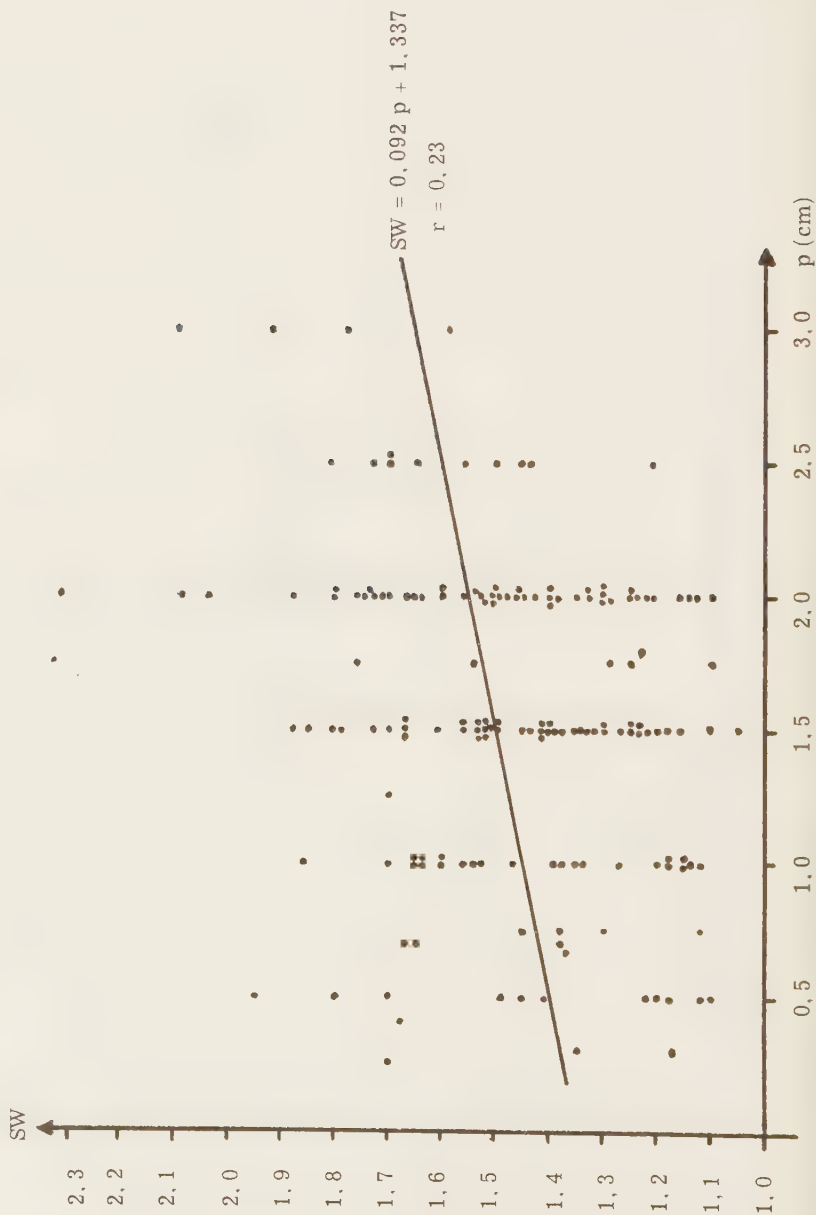


Abb. 7c

Beziehung zwischen Breite des Parenchymsaums und Sekretionswert
Pathologische Nieren (N = 167)

Zeichenerklärung: siehe Abb. 5a



3.3 "Übereinstimmung zwischen quantitativer Kamera-Funktions-szintigraphie und Klinik, Mehrinformation und Einfluß auf das therapeutische Vorgehen durch die nuklearmedizinische Untersuchung"

3.3.1 Fragestellung zur Untersuchung der Wertigkeit der quantitativen Kamera- Funktionsszintigraphie

Die Kernfrage unserer Arbeit, die Frage nach Aussagekraft und Wertigkeit der quantitativen Kamera-Funktions-szintigraphie in der urologischen Diagnostik gliederten wir in drei Teilfragen auf:.

- 1) Ergab sich eine "Übereinstimmung zwischen der nuklearmedizinischen Funktionsuntersuchung und den klinisch- radiologischen Befunden?
- 2) Erbrachte die quantitative Kamera- Funktionsszintigraphie eine Mehrinformation, und worin bestand diese?
- 3) Wurde das therapeutische Vorgehen durch das Ergebnis der nuklearmedizinischen Funktionsuntersuchung beeinflusst?

Diese drei Fragen wurden für jeden einzelnen Patienten anhand der Originalunterlagen zusammen mit je einem erfahrenen Radiologen bzw. Nuklearmediziner und Urologen diskutiert und beantwortet. Das dadurch gewonnene Material wurde nach verschiedenen Gesichtspunkten statistisch ausgewertet, etwa nach Diagnosen oder der Funktion der Gegenseite geordnet, oder auch nach der tatsächlich durchgeführten Therapie.

3.3.2 "Übereinstimmung zwischen quantitativer Kamera-Funktions-szintigraphie und klinisch-radiologischen Befunden"

Zur Beurteilung der Übereinstimmung zwischen dem Befund der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie und den klinisch- radiologischen Befunden wurden neben dem Funktionsszintigramm in erster Linie das Ausscheidungsurogramm herangezogen, in zweiter Linie auch die Laborbefunde.

Insgesamt ergab sich in 85,7 % (275 von 321) der pathologischen Nieren eine vollständige Übereinstimmung zwischen nuklearmedizinischer Funktionsuntersuchung und den anderen klinisch-radiologischen Untersuchungsmethoden. Eine Diskrepanz bestand in 46 Fällen, davon war in 39 Fällen im Kamera-Funktionsszintigramm eine Abflußbehinderung diagnostiziert worden, die im Ausscheidungsurogramm nicht verifiziert werden konnte; in 4 Fällen zeigte sich bei unauffälliger Funktion im AUG eine verminderte ^{131}J -Hippuran-Clearance. In 2 Fällen ergab sich bei ausscheidungsurographisch "stummer Niere" noch funktionstüchtiges Nierenparenchym, in einem Falle war nuklearmedizinisch keinerlei Funktion mehr nachweisbar, während sich im Späturogramm eine Harnstauungsniere mit stark eingeschränkter Funktion zeigte.

Die Überprüfung der Diskrepanzen erbrachte Folgendes: Bei 24 der 29 Nieren, bei denen nuklearmedizinisch eine Abflußverzögerung diagnostiziert worden war, fand sich im AUG ein ampulläres Nierenbecken. Nur in 6 Fällen zeigte sich ein lineares Nierenbecken, in 9 Fällen war die Frage ampullär oder linear (und auch die Frage der Harnstauung) wegen hochgradig eingeschränkter Nierenfunktion oder Darmgasüberlagerung nicht sicher zu entscheiden. Ein ampulläres oder funktionell weitgestelltes Nierenbecken kann aber in der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie eine partielle Harnstauung vortäuschen.

Zu den 7 Fällen, in denen sich eine Diskrepanz bezüglich der Clearancefunktion fand, läßt sich sagen: Das Röntgenkontrastmittel wird vorwiegend durch glomeruläre Filtration ausgeschieden, während das Radiopharmazeutikum ^{131}J -Hippuran zum größten Teil tubulär sezerniert wird. So kann bei noch erhaltener Filtrationsleistung die Sekretionsleistung schon hochgradig eingeschränkt sein, sodaß sich scheinbar eine Diskrepanz zwischen Ausscheidungsurogramm und Funktionsszintigramm ergeben kann, besonders bei hochgradig eingeschränkter Funktion.

Insgesamt ergab sich also eine gute Übereinstimmung zwischen quantitativer Kamera-Funktionsszintigraphie und den klinisch-radiologischen Befunden.

3.3.3 Mehrinformation durch die nuklearmedizinische Untersuchung

Eine Mehrinformation ergab sich in erster Linie durch die seitengesetzte Bestimmung der ^{131}J -Hippuran-Clearance, in zweiter Linie durch das Sequenzszintigramm und die aus ihm mit Hilfe der "regions-of-interest"-Technik gewonnenen Nephrogrammkurven. Durch Nephrogrammkurven über einzelnen Kelchgruppen oder getrennt über Nierenrinde und NBKS konnte eine Mehrinformation durch differenzierte Aussagen über eine bestehende Harnstauung und eine Abgrenzung gegenüber einer intrarenalen Transportstörung gegeben werden.

In einigen Fällen konnte durch Doppeluntersuchung im Sitzen und Liegen eine Aussage über lageabhängige Sekretions- und Exkretionsstörungen gemacht werden.

Während in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle die Mehrinformation durch eine funktionelle Beurteilung der Niere zustande kam, geschah dies in Einzelfällen - bei hochgradiger Niereninsuffizienz oder Jodallergie - auch durch Aussagen über morphologische Veränderungen, etwa über Nierenform, Nierengröße oder Parenchymdefekte.

3.3.3.1 Mehrinformation insgesamt (Tab. 12)

Eine Mehrinformation durch die quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie zeigte sich bei den pathologischen Nieren insgesamt in 253 von 321 Fällen, das sind 78,8 %.

3.3.3.2 Mehrinformation in Abhängigkeit von der Funktion der kontralateralen Niere (Tab. 12)

Bezüglich der Mehrinformation gab es keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Fällen mit gesunder, pathologischer oder fehlender Gegenseite. Bei pathologischem Befund beidseits betrug sie 80,1 % (170 von 212). Bei gesunder Gegenseite war der Prozentsatz, in dem sich

eine weitergehende Information zeigte, 76,3% (74 von 97 Nieren) , bei Einnierigkeit betrug er 75% (Mehrinformation bei 9 der 12 Einzelnieren.

- - - - -

Tabelle 12

Mehrinformation durch quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie in Abhängigkeit von der Funktion der kontralateralen Niere

Diagnose	N	Mehrinformation	
		N	%
Pathol.Nieren bds.	212	170	80,1
Gesunde Gegenseite	97	74	76,3
Einnierigkeit	12	9	75,0
Summe	321	253	78,8

- - - - -

3.3.3.3 Mehrinformation in Abhängigkeit von der Diagnose (Tab.13)

In Abhängigkeit von der Diagnose zeigten sich bei der Mehrinformation durch die quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie gewisse Unterschiede. Eine weitergehende Information ergab sich in einem Prozentsatz zwischen 92,3% und 66,7%.

Die größte Mehrinformation ergab sich mit 92,3% (36 von 39) bei den Nierenbeckensteinen (außer Ausgußsteinen), in 82,4% (28 von 34) fand sie sich bei den Nierenkelchsteinen. Bei 81,4% (162 von 199) lag der Prozentsatz bei den Harnstauungsniere, 81,2% (13 von 16) betrug er bei Ureterstenosen (außer Abgangsstenosen). Eine Mehrinformation ergab sich weiter in 79,5% (27 von 34) der Schrumpfnieren, in 78,2% (18 von 23) der Uro-Tuberkulosen und in 76,7% (33 von 43) der Ureterabgangsstenosen. Bei Nieren-

beckenausgußsteinen lag der Prozentsatz bei 75,8% (22 von 29), bei den Nierentumoren belief er sich auf 75% (12 von 16) und bei den Uretersteinen auf 66,7% (8 von 12).

Zusammenfassend läßt sich sagen: Es ergaben sich keine wesentlichen Unterschiede bezüglich der Mehrinformation bei verschiedenen Diagnosen. Lediglich bei urologischen Erkrankungen, die nicht primär zu einer Funktionseinschränkung führen, etwa bei Nierentumoren und Uretersteinen, war eine weitergehende Information in einem etwas geringeren Prozentsatz der Fälle festzustellen.

- - - - -

Tabelle 13

Mehrinformation durch quantitative Kamera-Funktions-
szintigraphie in Abhängigkeit von der Diagnose

Diagnose	N	Mehrinformation	
		N	%
Harnstauungsniere	199	162	81,4
Urotuberkulose	23	18	78,2
Schrumpfniere	34	27	79,5
Nierentumor	16	12	75,0
Nierenkelchstein	34	28	82,4
Nierenbeckenstein	39	36	92,3
Nierenbecken- ausgußstein	29	22	75,8
Ureterstein	12	8	66,7
Ureterabgangsstenose	43	33	76,7
Sonstige Ureterstenose	16	13	81,2

- - - - -

3.3.4 Beeinflussung des therapeutischen Vorgehens durch quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie

Der Einfluß auf das therapeutische Vorgehen ist das entscheidende Kriterium zur Beurteilung der Wertigkeit der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie in der Urologie. Wir untersuchten, wie groß dieser Einfluß bei verschiedenen Diagnosen ist, wie er abhängt von der Funktion der kontralateralen Niere und wie er sich bei den verschiedenen Arten der Therapie verhält.

3.3.4.1 Einfluß auf das therapeutische Vorgehen insgesamt (Tab.14 und Abb. 8)

Das therapeutische Vorgehen wurde insgesamt in 39,9% oder bei 128 der 321 Nieren mit pathologischem Befund durch das Ergebnis der nuklearmedizinischen Funktionsuntersuchung beeinflusst. In diesen 128 Fällen war die quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie mitbestimmend dafür, ob und wie operativ vorgegangen wurde.

3.3.4.2 Einfluß auf die Therapie in Abhängigkeit von der Funktion der Gegenseite (Tab.14 und Abb.8)

Die Entscheidung für ein bestimmtes therapeutisches Vorgehen hängt in der Urologie von der Funktion der zu operierenden Seite und auch sehr stark von der Funktion der Gegenseite ab, insbesondere bei beidseitigen Nierenerkrankungen.

Bei unserem Patientengut ergab sich der größte Einfluß auf die Therapie mit 42,3% (41 von 97) bei pathologischen Nieren mit gesunder Gegenseite. 39,6% (84 von 212) betrug dieser Prozentsatz bei pathologischem Befund beidseits. In einem Viertel der Fälle (3 von 12) wurde die Therapie bei Einnierigkeit beeinflusst.

Der Einfluß nahm also in gleicher Reihenfolge ab wie der Entscheidungsspielraum des Urologen: am größten war er bei gesunder Gegenseite, etwa geringer war er bei pathologischer Gegenseite, am geringsten bei Einnierigkeit.

Abb. 8

Beeinflussung des therapeutischen Vorgehens durch die qu. K. F. S.
in Abhängigkeit von der Funktion der Gegenseite

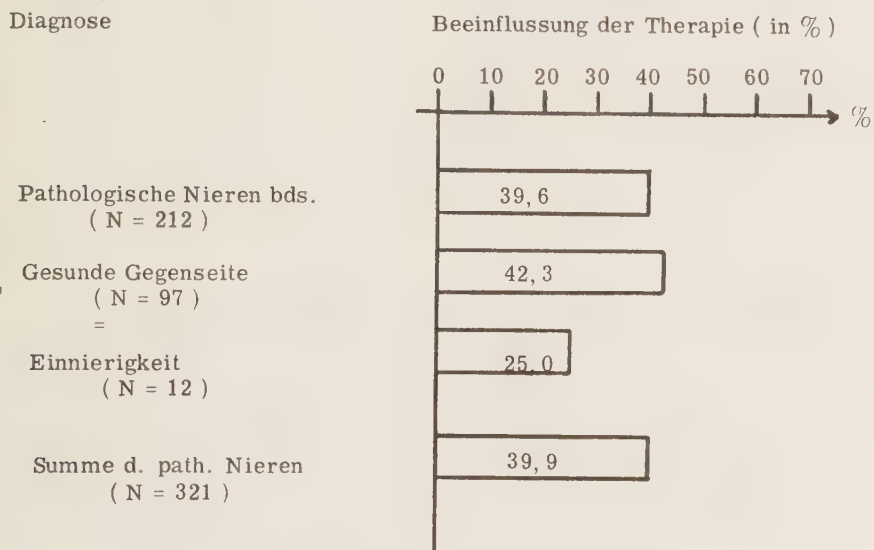


Tabelle 14

Beeinflussung des therapeutischen Vorgehens durch
quantitative Funktionsszintigraphie in Abhängigkeit
von der Funktion der kontralateralen Niere

Diagnose	N	Einfluß auf die Therapie	
		N	%
Pathol.Nieren bds.	212	84	39,6
Gesunde Gegenseite	97	41	42,3
Einnierigkeit	12	3	25,0
Summe	321	128	39,9

- - - - -

3.3.4.3 Einfluß auf die Therapie in Abhängigkeit von der Diagnose
(Tab. 15 und Abb.9)

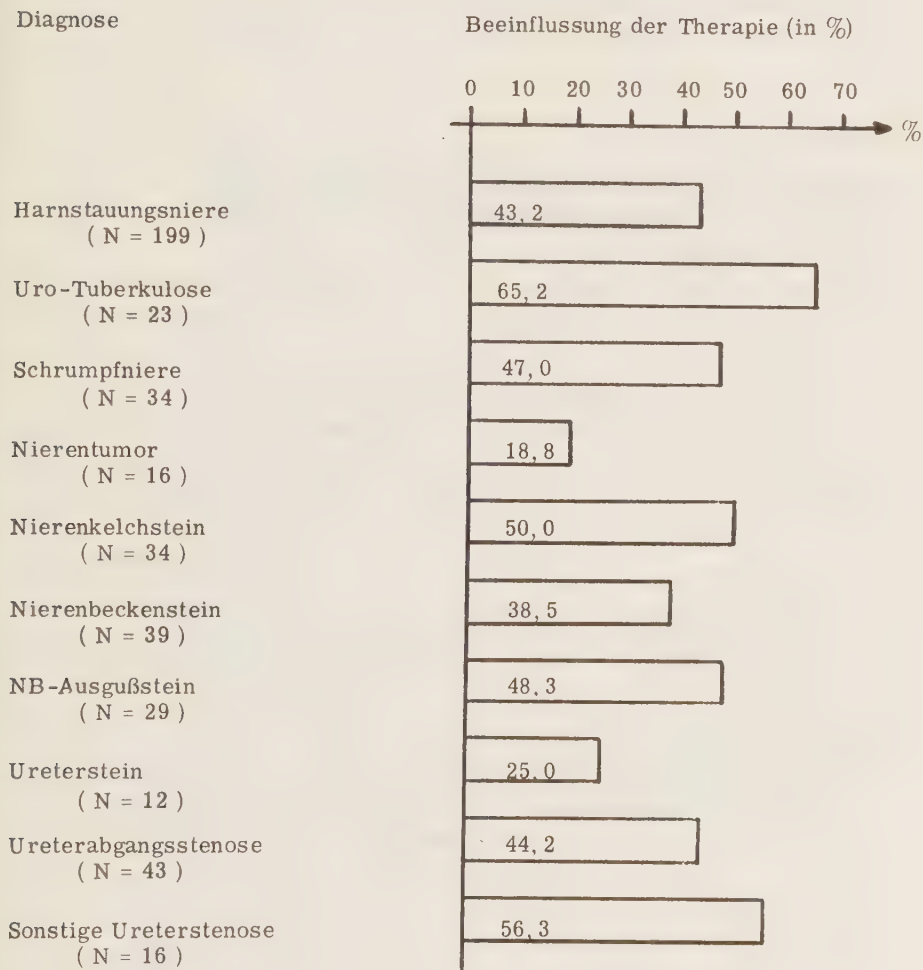
Bei den verschiedenen Diagnosen zeigten sich große Unterschiede im Einfluß der nuklearmedizinischen Untersuchung auf die Therapie. Er lag zwischen 65,2% und 18,8%.

Der größte Einfluß auf die Therapie ergab sich mit 65,2% (15 von 23) bei den Uro-Tuberkulosen, mit 56,3% (9 von 16) folgen die Ureterstenosen und mit 50% (17 von 34) die Nierenkelchsteine. Weiterhin wurde die Therapie beeinflusst in 48,3% (14 von 29) der Nierenbeckenausgußsteine, in 47% (16 von 34) der Schrumpfnieren und in 44,2% (19 von 43) der Ureterabgangsstenosen. Bei den Harnstauungsnieren insgesamt lag der Prozentsatz bei 43,2% (88 von 199), bei den Nierenbeckensteinen belief er sich auf 38,4% (15 von 39). Bei einem Viertel der Fälle mit der Diagnose Ureterstein (3 von 12) ergab sich noch ein Einfluß auf die Therapie, am geringsten war er mit 18,8% (3 von 16) bei den Nierentumoren.

Zusammenfassend läßt sich sagen: Am größten war der Einfluß auf die Therapie mit 65% bei den Uro-Tuberkulosen.

Abb. 9

Beeinflussung des therapeutischen Vorgehens durch das Ergebnis der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie bei verschiedenen Diagnosen



Zwischen 40 und 50% lag er bei Nierensteinerkrankungen und Ureterabgangsstenosen. Mit knapp 20% am geringsten war er bei den Nierentumoren. Am größten war der Einfluß also immer dann, wenn der therapeutische Spielraum des Urologen bei ein und derselben Diagnose groß war, und wenn in erster Linie funktionelle Aspekte bei der Indikationsstellung maßgeblich waren.

- - - - -

Tabelle 15

Beeinflussung des therapeutischen Vorgehens durch quantitative Funktionsszintigraphie in Abhängigkeit von der Diagnose

Diagnose	N	Einfluß auf die Therapie	
		N	%
Harnstauungsniere	199	88	43,2
Uro-Tuberkulose	23	15	65,2
Schrumpfniere	34	16	47,0
Nierentumor	16	3	18,8
Nierenkelchstein	34	17	50,0
Nierenbeckenstein	39	15	38,4
NB-Ausgußstein	29	14	48,3
Ureterstein	12	3	25,0
Ureterabgangsstenose	43	19	44,2
Sonstige Ureterstenose	16	9	56,3

- - - - -

3.3.4.4 Einfluß der nuklearmedizinischen Funktionsuntersuchung auf die verschiedenen Arten des therapeutischen Vorgehens in Abhängigkeit von der Funktion der Gegenseite (Tab.16 und Abb.10)

Nachdem in den vergangenen Abschnitten die Abhängigkeit des Einflusses von Diagnose und Funktion der Gegenseite aufgezeigt wurde, soll jetzt der Einfluß auf die verschiedenen Möglichkeiten des therapeutischen Vorgehens untersucht werden.

Ergebnisse:

a) Nephrektomie: Insgesamt wurden 52,8% (28 von 53) der Nephrektomien durch das Ergebnis der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie beeinflusst.

Bei pathologischem Befund beidseits betrug der Prozentsatz 56,5% (13 von 23) ,50% (15 von 30) bei gesunder Gegenseite. Bei Einnierigkeit wurde nicht nephrektomiert.

b) Organerhaltende Operationen: Hier lag der Einfluß auf die Therapie insgesamt bei 49,6% (56 von 113).

58,2% (32 von 55) der organerhaltenden Operationen wurden bei pathologischem Befund beidseits beeinflusst, 42% (21 von 50) bei gesunder kontralateraler Niere und 37% (3 von 8) bei Einnierigkeit.

c) Keine Operation: Auf die Fälle, in denen nicht operiert wurde, war der Einfluß am geringsten; insgesamt betrug er 28,4% (44 von 155).

Bei pathologischem Befund beidseits war der Prozentsatz 29,1% (39 von 134), bei gesunder Gegenseite 29,4% (5 von 12). Bei keiner der 4 nicht operierten Einzelniern war das konservative therapeutische Verhalten auf einen Einfluß des Ergebnisses der nuklearmedizinischen Funktionsuntersuchung zurückzuführen.

Zusammenfassend läßt sich sagen: Die Entscheidung zur Nephrektomie oder zu einer organerhaltenden Operation

Einfluß der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie auf verschiedene Arten der Therapie in Abhängigkeit von der Funktion d. Gegenseite

Therapie u. Funktion
der Gegenseite

Einfluß auf die Therapie

0 10 20 30 40 50 60 70 %

a) Nephrektomie

Pathologische Nieren bds.
(N = 23)

56,5

Gesunde Gegenseite
(N = 30)

50,0

Summe path. Nieren
(N = 53)

52,8

b) Organerhaltende Operation

Pathologische Nieren bds.
(N = 55)

58,2

Gesunde Gegenseite
(N = 50)

42,0

Einnierigkeit
(N = 8)

37,0

Summe path. Nieren
(N = 113)

49,6

c) Keine Operation

Pathologische Nieren bds.
(N = 134)

29,1

Gesunde Gegenseite
(N = 17)

29,4

Einnierigkeit
(N = 4)

0

Summe path. Nieren
(N = 155)

28,4

wurde in über 50% der Fälle durch das Ergebnis der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie beeinflusst, d.h. dieses neue diagnostische Verfahren zur seitengetrenten Funktionsbeurteilung ist sehr wohl geeignet, eine therapeutische Entscheidungshilfe zu geben. Am Beispiel der Einnierigkeit wird dies besonders deutlich: Selbst hier, wo der Entscheidungsspielraum bereits stark eingeschränkt ist, konnte noch in 30% der Fälle eine Entscheidungshilfe gegeben werden.

- - - - -

Tabelle 16

Einfluß der nuklearmedizinischen Funktionsuntersuchung auf die verschiedenen Arten des therapeutischen Vorgehens in Abhängigkeit von der Funktion der Gegenseite

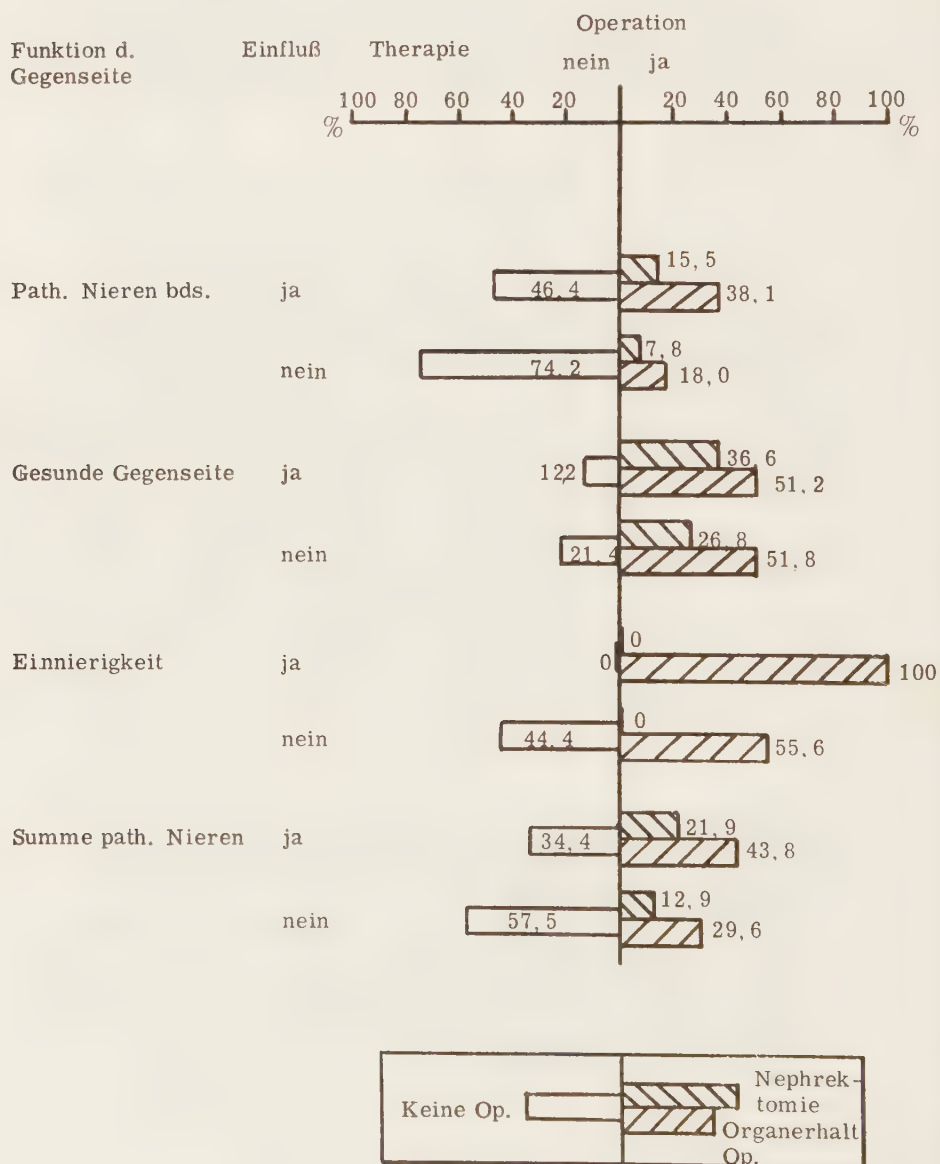
Therapie	Einfluß	Pathol.Ggs.		Ges.Ggs.		Einnierigk.		Summe	
		N	%	N	%	N	%	N	%
Nephrektomie	ja	13	56,5	15	50,0			28	52,8
	nein	10	43,5	15	50,0			25	47,2
Organerh.Op.	ja	32	58,2	21	42,0	3	37,0	56	49,6
	nein	23	41,8	29	58,0	5	63,0	57	50,4
Keine Op.	ja	39	29,1	5	29,4			44	28,4
	nein	95	70,9	12	70,6	4	100	111	71,6

- - - - -

3.3.4.5 Therapie in Abhängigkeit von der Funktion der Gegenseite und vom Einfluß des Ergebnisses der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie (Tab.17 und Abb.11)

" Ähnlich wie unter Punkt 3.3.4.4 geht es hier um die Frage: Gab es einen Unterschied hinsichtlich der Therapie zwischen den Fällen, in denen das therapeutische Vorgehen beeinflusst wurde, und denen, in denen es nicht beeinflusst wurde?

Therapie in Abhängigkeit von der Funktion der Gegenseite und vom Einfluß der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie



Ergebnisse:

a) Pathologische Nieren insgesamt: Lag eine Beeinflussung der Therapie durch das Ergebnis der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie vor, so war der Anteil der Nephrektomien 21,9%, der Anteil der organerhaltenden Operationen war 43,8% , der Prozentsatz derjenigen Fälle, in denen nicht operiert wurde, belief sich auf 34,4% .

Lag kein Einfluß vor, war das Verhältnis 12,9% zu 29,6% zu 57,5% .

b) Pathologische Nieren beidseits: Hier betrug bei Einfluß der Nuklearmedizin der Prozentsatz der Nephrektomien 15,5% , der der organerhaltenden Operationen 38,1 % .Der Anteil der Fälle, in denen nicht operiert wurde, lag bei 46,4% .

Wenn kein Einfluß vorlag, war das Verhältnis 7,8% zu 18% zu 74,2% .

c) Gesunde Gegenseite: War die kontralaterale Niere gesund, so ergab sich unter dem Einfluß der nuklearmedizinischen Untersuchung zwischen Nephrektomie, organerhaltender Operation und keiner Operation das Verhältnis 36,6% zu 51,2% zu 12,2% .

War kein Einfluß festzustellen, war es 26,8% zu 51,8% zu 21,4% .

d) Einnierigkeit: Da bei Einnierigkeit nicht nephrektomiert wurde, ging es hier um das Verhältnis von organerhaltender Operation zu keiner Operation. In den drei Fällen, bei denen ein Einfluß der Nuklearmedizin vorlag, wurde operiert (100%).

Lag kein Einfluß vor, betrug das Verhältnis 5 zu 4 .

Zusammenfassend läßt sich sagen: Das Verhältnis zwischen Nephrektomie, organerhaltender Operation und keiner Operation betrug 3 : 6 : 5 in den Fällen, in denen die quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie eine Entscheidungshilfe bei der Indikationsstellung zur Therapie war. In den übrigen Fällen betrug es 2 : 5 : 10 .

Das heißt: Unter dem Einfluß der nuklearmedizinischen Funktionsuntersuchung entschlossen sich die Urologen relativ öfter zur Operation und vorallem zur Nephrektomie.

Tabelle 17

Therapie in Abhängigkeit von der Funktion der Gegenseite und vom Einfluß des Ergebnisses der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie

Einfluß	Therapie	Pathol.Ggs.		Ges.Ggseite		Einnierigk.		Summe	
		N	%	N	%	N	%	N	%
ja	Nephrektomie	13	15,5	15	36,6			28	21,9
	Organerh.Op.	32	38,1	21	51,2	3	100	56	43,8
	Keine Op.	39	46,4	5	12,2			44	34,4
nein	Nephrektomie	10	7,8	15	26,8			25	12,9
	Organerh.Op.	23	18,0	29	51,8	5	55,6	57	29,6
	Keine Op.	95	74,2	12	21,4	4	44,4	111	57,5

3.3.5 Einfluß der seitengetrenten Bestimmung der ^{131}J -Hippuran- Clearance auf die Art des operativen Vorgehens (Tab.18)

Hier wurde untersucht, wie die Entscheidung zu Nephrektomie oder organerhaltendem Vorgehen von der seitengetrenten Bestimmung der ^{131}J -Hippuran-Clearance beeinflusst wurde. Dazu wurden nur diejenigen Fälle herangezogen, bei denen die Clearance bestimmt worden war, und von diesen Fällen wieder diejenigen bewertet, bei denen die nuklearmedizinische Funktionsuntersuchung einen Einfluß auf die Therapie gehabt hatte.

Ergebnisse:

- a) Nephrektomien: Bei 20 Fällen ergab sich folgendes Bild: Die Clearance der nephrektomierten Seite betrug präoperativ im Mittel $63 \pm 86 \text{ ml/min.} \times 1,73 \text{ m}^2 \text{ KOF}$, die der Gegenseite $291 \pm 105 \text{ ml/min.} \times 1,73 \text{ m}^2 \text{ KOF}$.
- b) Organerhaltende Operationen: Bei 36 organerhaltenden Operationen ergab sich: Die Clearance der zu operierenden Seite betrug $187 \pm 96 \text{ ml/min.}$, die der kontralateralen Niere $165 \pm 111 \text{ ml/min.}$

Das heißt: Unter dem Einfluß der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie wurde nephrektomiert, wenn die Funktion der kontralateralen Niere gut war und die zu operierende Seite keinen großen Anteil an der Gesamtclearance hatte (im Durchschnitt unter 20%).

Organerhaltend operiert wurde, wenn die Funktion der Gegenseite nicht mehr unbedingt ausreichend war, um allein die Gesamtfunktion zu bewältigen, und wenn der Anteil der zu operierenden Seite an der Gesamtclearance hoch war. (Im Durchschnitt betrug er sogar über 50%.)

- - - - -

Tabelle 18

Einfluß der Bestimmung der seitengetrennten Bestimmung der ^{131}J -Hippuran-Clearance auf die Art des operativen Vorgehens

Operation	Clearance der zu operierenden Niere (ml/min. $\times 1,73 \text{ m}^2 \text{ KOF}$) $\bar{x} \pm s$	Clearance der kontralateralen Niere (ml/min. $\times 1,73 \text{ m}^2 \text{ KOF}$) $\bar{x} \pm s$	N Paare
Nephrektomie	63 ± 86	291 ± 105	20
Organerh.Op.	187 ± 96	165 ± 111	36

3.4 Erläuterung diagnostischer Möglichkeiten der quantitativen Kamera - Funktionsszintigraphie anhand von Patientenbeispielen

Anhand von 5 Patientenbeispielen soll erläutert werden, welche Möglichkeiten die nuklearmedizinische Nierenfunktionsuntersuchung bei verschiedenen urologischen Krankheitsbildern bietet.

1) Harnstauungsniere

Eine Harnstauung kann im Verlaufe verschiedenster urologischer Krankheiten beobachtet werden, etwa bei Ureterabgangsstenosen und postrenalen Abflußbehinderungen, im Rahmen einer Nephrolithiasis, bei Uro-Tuberkulosen und Tumorerkrankungen.

Die quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie ist nicht in der Lage, die Ursache der Harnstauung zu diagnostizieren; dies ist im wesentlichen die Aufgabe der radiologischen Untersuchung(en). Die nuklearmedizinische Untersuchung bietet Aussagen

a) über Typ der Harnstauung und

b) über die Funktionseinschränkung des Nierenparenchyms, die durch die Stauung verursacht, aber auch von ihr unabhängig sein kann.

Zu a): Der Typ der Harnstauung zeigt sich im Nephrogramm. Wir unterscheiden dabei zwischen kompletter Harnstauung ("Akkumulationstyp"; kein Abfall der Aktivitätskurve, kontinuierliche Anreicherung des Radiopharmazeutikums in der Nierenregion), partielle Harnstauung (Abfluß vorhanden, aber verzögert) und intermittierende Harnstauung (diskontinuierlicher Abfall der Nephrogrammkurve, meist funktionell bedingt).

Durch zusätzlich über im Sequenzszintigramm verdächtigen Nierenanteilen (regions of interest) abgeleitete Nephrogrammkurven kann eine Harnstauung lokal in einer Kelchgruppe aufgezeigt werden.

Durch über Nierenrinde und NBKS getrennt abgenommene

Aktivitätskurven läßt sich eine Unterscheidung treffen zwischen einer postrenalen Abflußstörung (normaler Abfall der Aktivität über der Nierenrinde, vermehrte Anreicherung über dem NBKS) und einer intrarenalen Transportstörung (vermehrte Anreicherung in der Rinde, verminderte Anreicherung im NBKS). Eine intrarenale Transportstörung findet sich bei der Schockniere, bzw. bei der Niere im Schock oder bei beginnender Abstoßungsreaktion bei einem Nierentransplantat (54, 66). Ein ähnliches Bild wird auch beim kreislaublabilen Patienten durch orthostatischen Blutdruckabfall während der Untersuchung im Sitzen beschrieben ("mild shock" 77). Die Differenzierung zwischen postrenaler Abflußbehinderung und intrarenaler Transportstörung ist in fortgeschrittenen Fällen meist nur möglich durch die "regions-of-interest"-Technik, in weniger fortgeschrittenen Fällen aber auch mit der Sequenzszintigraphie allein.

Zu b): Die sekretorische Funktion des Nierenparenchyms läßt sich am besten, nämlich quantitativ mit der seitengetreunten ^{131}J -Hippuran-Clearance beurteilen, daneben auch (qualitativ) mit dem aus der Nephrogrammkurve errechneten Sekretionswert. Somit läßt sich zeigen, wie stark die Parenchymfunktion (infolge der Harnstauung oder aus anderen Gründen) eingeschränkt ist. Daraus ergeben sich oft Konsequenzen für die Therapie.

- - - - -

PATIENTENBEISPIEL I (Abb.12 a - c)

Es handelte sich um eine 37-jährige Patientin mit dysplastischer gestauter Niere rechts und einer Doppelniere mit gestautem unteren Anteil links bei Ureterabgangsstenose beidseits. Die Laborwerte lagen im Normbereich, eine Harninfektion lag nicht vor.

Fragestellung für die nuklearmedizinische Untersuchung: Gibt es Unterschiede zwischen den beiden Nieren bezüglich der Funktion; welche Seite soll zuerst operiert werden?

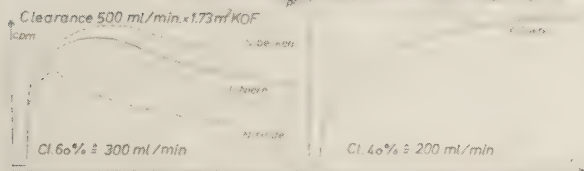
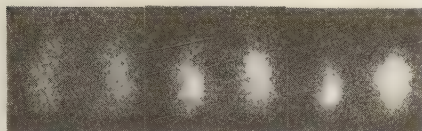


Abb.12 a



Abb.12 b

Pat. W.V. ♀ 36 J.
3.9.1973



Postop. Kontrolle
17.1.1974

Clearance
508 ml/min

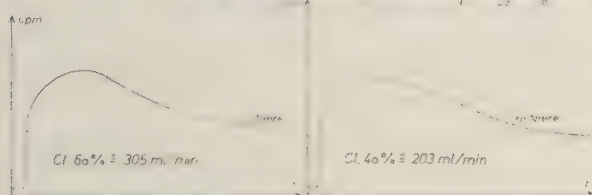


Abb.12 c

Abb.12a: Patientin W.V., 37 J. IUG vom 19.9.73 40' p.i.:
Gestaute dysplastische Niere mit gestautem NBKS
bei Ureterabgangsstenose rechts, Doppelniere mit
gestautem unteren Anteil links (Abgangsstenose).

Abb.12b: Postoperatives IUG vom 15.10.73 30' p.i.:
Nach Nierenbecken-Plastik zeigen sich rechts
verbesserte Abflußverhältnisse, wobei die obere
Kelchgruppe noch deutlich gestaut erscheint.

Abb.12c: Quantitative Kamera-Funktionsszintigramme:
Präoperativ (3.9.73): Rechts komplette Harn-
stauung vorwiegend im Bereich des oberen Pols,
links partielle Harnstauung im unteren Anteil
der Doppelniere. Clearance: 500 ml/min. x 1,73m²
KOF; re. 40%, li. 60%.
Postoperativ (17.1.74): Clearance unverändert.
Ausscheidung aus dem NBKS rechts, insbesondere
aus der oberen KG deutlich verbessert (T/2=16').

Nuklearmedizinischer Befund:

Rechte Niere: komplette Harnstauungsniere (Akkumulationstyp)

Linke Niere: partielle Harnstauungsniere (mit $T/2 = 20'$)

Gute Clearancefunktion beidseits: $500 \text{ ml/min.} \times 1,73 \text{ m}^2$

KOF , davon leistet die rechte Niere 40% , die linke Niere 60% .

Therapie:

Nierenbecken-Plastik nach ANDERSON-HYNES rechts (25.9.73)

Das Ausscheidungsurogramm, das vor der Entlassung aus der Klinik (am 15.10.73) angefertigt wurde, zeigt schon eine gewisse Besserung im Vergleich zum präoperativen AUG. Die nuklearmedizinische Kontrolle der Nierenfunktion (vom 17.1.74) zeigt einen deutlich verbesserten Abfluß aus der operierten rechten Niere, insbesondere aus der oberen Kelchgruppe, bei unveränderten Clearanceverhältnissen.

Mehrinformation: durch Diagnose einer kompletten Harnstauung rechts bei partieller Harnstauung links; außerdem zeigte die rechte Niere eine im Vergleich zur linken Niere geringere Clearance.

Einfluß: auf die Reihenfolge des operativen Vorgehens bei beidseitiger Nierenerkrankung.

- - - - -

Eine Sonderform der Abflußbehinderung stellt die Nephroptose dar. Die quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie erlaubt hier durch eine Doppeluntersuchung im Sitzen und im Liegen eine Aussage über lageabhängige, ptosebedingte Störungen der Nierenfunktion. Dadurch läßt sich die Indikation zur Nephropexie enger stellen.

- - - - -

PATIENTENBEISPIEL II (Abb.13 a - d)

Bei der 32-jährigen Patientin lagen Nephroptosen beidseits vor, rechts betrug die Absinkhöhe 12 cm, links 10 cm. Außerdem fand sich im unteren Pol der linken Niere ein Nierenkelchstein.

Fragestellung für die nuklearmedizinische Untersuchung:
Wie groß ist die Funktionsbeeinträchtigung durch die Nephroptosen?

Nuklearmedizinischer Befund:

Im Liegen regelrechte sekretorische und exkretorische Funktion.

Im Sitzen Abflußbehinderung beidseits und Einschränkung der Clearance der rechten Niere (auf 30% statt 48% im Liegen).

Therapie: Im Augenblick keine Nephropexie, da nur geringe subjektive Beschwerden vorlagen und keine Harninfektion nachzuweisen war (früher angeblich therapieresistente Proteus-Infektion) .

Mehrinformation durch Objektivierung der ptosebedingten Störungen: Im Sitzen intermittierende Abflußbehinderung bds., rechts außerdem eine Einschränkung der Clearance-Funktion (durch verminderte Durchblutung ?).

Ein Einfluß auf das therapeutische Vorgehen ergab sich nicht, da vorerst keine Nephropexie vorgenommen wurde.

- - - - -

2) Nierensteinerkrankungen

Hier stehen für die Diagnostik nach wie vor die radiologischen Untersuchungsmethoden an erster Stelle, vorallem durch Leeraufnahme (bei schattengebenden Nierensteinen) und AUG bzw. IUG .

Die nuklearmedizinische Untersuchung bietet darüber hinaus ergänzend eine Aussage über die globalen und regionalen Funktionsverhältnisse. Dies ist oft ent-



Abb.13 a



Abb.13 b

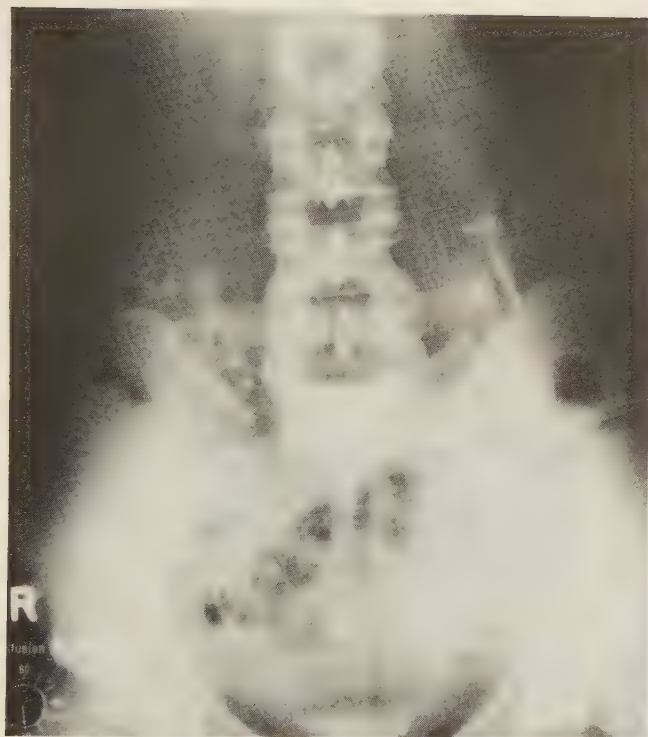


Abb.13 c

Abb.13 a: Patientin H.B., 31 J., Leeraufnahme vom 11.1.74:
Nierenkelchstein im Bereich des unteren Pols links.

Abb.13 b: IUG vom 11.1.74 20' p.i.(im Liegen):
Kontrastmittelausscheidung unauffällig.Rechts
zeigt sich eine Deformierung der Kelchbecher in
der unteren Kelchgruppe, links sind Kelchhäl-
se und -becher im Bereich des Konkrements de-
formiert.

Abb.13 c: Aufnahme 30' p.i. im Stehen (nach Miktion):
Absinken beider Nieren, rechts um 12 cm, links
um 10 cm .

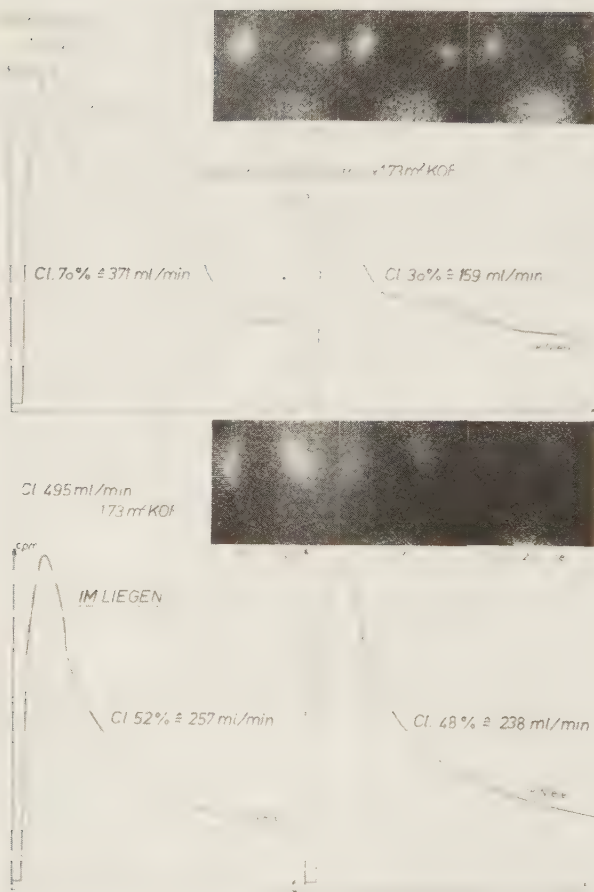


Abb. 13 d

Abb. 13d: Patientin H.B., Funktionsszintigramm vom 11.1.74:

Im Liegen zeigt sich eine unauffällige Ausscheidung des Radiopharmazeutikums aus Nierenparenchym und NBKS bei guter Clearance ($495 \text{ ml/min.} \times 1,73 \text{ m}^2 \text{ KOF}$, rechts 48%, links 52%).

Im Sitzen findet sich beidseits eine intermittierende Abflußverzögerung. Bei insgesamt guter ^{131}J -Hippuran-Clearance beträgt der Anteil der rechten Niere nur noch 30%.

scheidend für die Art des therapeutischen Vorgehens, insbesondere bei doppelseitiger Nierensteinerkrankung.

- - - - -

PATIENTENBEISPIEL III (Abb. 14 a - c)

Es handelte sich um einen 63-jährigen Patienten mit einem Nierenbeckenstein links.

Laborwerte: Harnstoff-N 24 mg%, Creatinin 1,85 mg%.
Eine Harninfektion lag nicht vor.

Fragestellung für die nuklearmedizinische Untersuchung:
Wie ist die Clearancefunktion; ist die Funktion der rechten Niere so gut, daß links eventuell eine Nephrektomie vorgenommen werden kann?

Nuklearmedizinischer Befund:

Mittel- bis hochgradig eingeschränkte ^{131}J -Hippuran-Clearance ($141 \text{ ml/min.} \times 1,73 \text{ m}^2_{\text{KOF}}$) insgesamt, wobei der Anteil der linken Niere 35%, derjenige der rechten Niere 65% beträgt. Außerdem findet sich eine Abflußverzögerung aus dem NBKS links.

Therapie: Keine Nephrektomie wie ursprünglich beabsichtigt, sondern eine Pyelolithotomie und Anlegung einer Nierenfistel zur Funktionserhaltung der Niere.

Mehrinformation mit Hilfe der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie durch exakte Beurteilung der seitengetrenten Funktion; diese erbrachte eine Einschränkung der Nierenfunktion insgesamt.

Einfluß: Es wurde von einer Nephrektomie abgesehen und in Anbetracht der niedrigen Clearance insgesamt eine organerhaltende Operation vorgenommen.

- - - - -

3) Uro-Tuberkulosen

Bei Uro-Tuberkulosen liegt die Bedeutung der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie in erster Linie in der Beurteilung der Funktion des Nierenparenchyms und erst in zweiter Linie in der Beurteilung einer sekundären



Abb.14 a

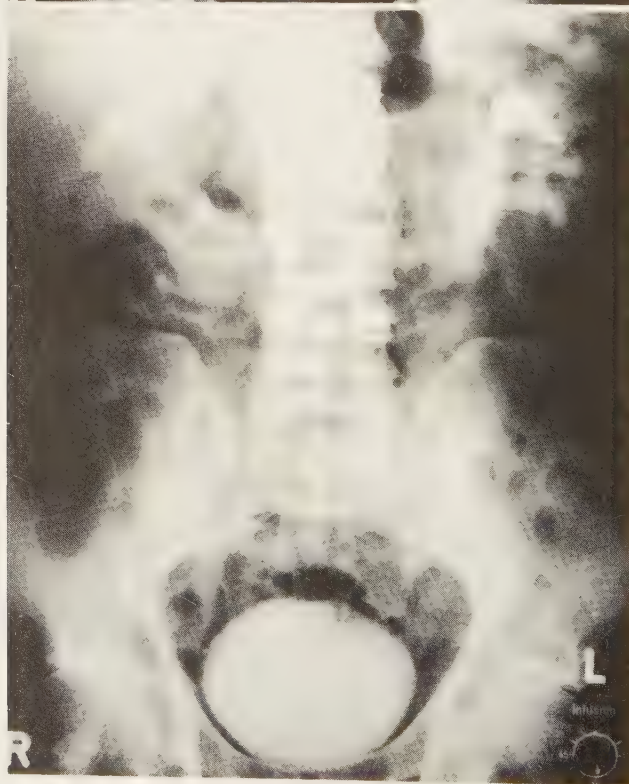
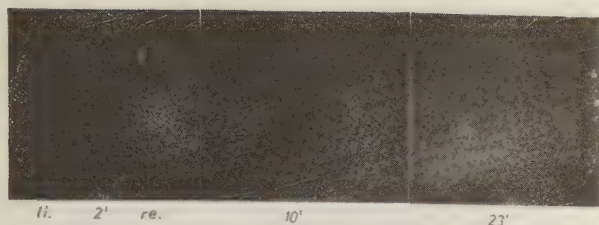


Abb.14 b

Pat. B.K. ♂ 63 J.
18.2.1974



li. 2' re.

10'

23'

Clearance $141 \text{ ml/min} \times 1.73 \text{ m}^2 \text{ KOF}$

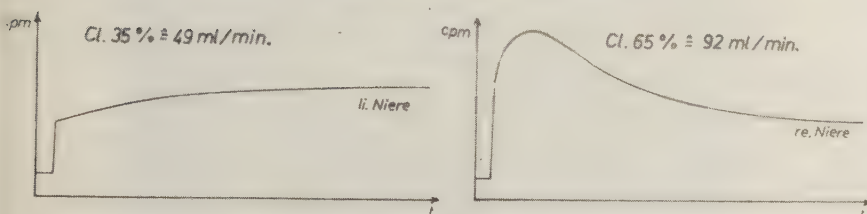


Abb.14 c

Abb.14 a: Patient B.K., 63 J. Leeraufnahme vom 7.3.74:
Im Bereich des linken Nierenbeckens findet sich eine umschriebene Verschattung im Sinne eines Nierenbeckensteins.

Abb.14 b: Patient B.K. JUG vom 7.3.74 30 ' p.i.:
Bei verzögerter Ausscheidung beidseits zeigt sich links eine Harnstauung im NBKS bei Deformierung sämtlicher Kelchhälse und Kelchbecher und eine Kontrastmittelaussparung im Nierenbecken.

Abb.14 c: Patient B.K. Funktionsszintigramm vom 18.2.74:
Insgesamt mittel- bis hochgradige Einschränkung der ^{131}J -Hippuran-Clearance ($141 \text{ ml/min} \times 1,73 \text{ m}^2 \text{ KOF}$).
Der Anteil der linken Niere beträgt 35%, derjenige der rechten Niere 65%. Links findet sich außerdem eine Abflußverzögerung aus dem NBKS.

Harnstauung. Die Beurteilung der Parenchymfunktion mittels Clearancebestimmung gewinnt besondere Bedeutung, wenn eine Nephrektomie vorgesehen ist, und zwar durch eine Quantifizierung der noch vorhandenen Restfunktion und der Funktion der Gegenseite. Bei der Uro-Tuberkulose werden auch oft nur teilweise resezierende Operationen vorgenommen, da die Krankheit herdförmig begrenzt ist. In solch einem Fall kann mit Hilfe der "regions of interest"-Technik der Clearanceanteil des zur Entfernung vorgesehenen Nierenpoles bestimmt werden.

- - - - -

PATIENTENBEISPIEL IV (Abb.15 a - c)

62-jährige Patientin mit destruierender Uro-Tuberkulose links bei (ausscheidungsurographisch) gesunder Niere rechts. Laborwerte im Normbereich.

Fragestellung an die nuklearmedizinische Untersuchung:
Wie ist die Funktion der zur Entfernung vorgesehenen linken Niere; wie ist die Clearance der Gegenseite?

Nuklearmedizinischer Befund:

Hochgradig eingeschränkte Clearancefunktion links (Clearance 59 ml/min. x $1,73\text{m}^2$ KOF) bei guter Funktion rechts. (311 ml/min.).

Therapie: Nephroureterektomie links.

Pathologischer Befund: Vorwiegend produktive, teilweise verkäsende Tuberkulose der Niere; vorwiegend produktive Tuberkulose des Ureters.

Mehrinformation durch die seitengetrennte Bestimmung der ^{131}J -Hippuran-Clearance.

Einfluß: Die Nephrektomie konnte vorgenommen werden, da die seitengetrennte Clearancebestimmung erbracht hatte, daß der Clearanceanteil der zur Nephrektomie vorgesehenen Niere nur gering und die Funktion der Gegenseite normal war.

- - - - -



Abb.15a



Abb.15 b



Pat. B.G. 61 J
25.6.1973

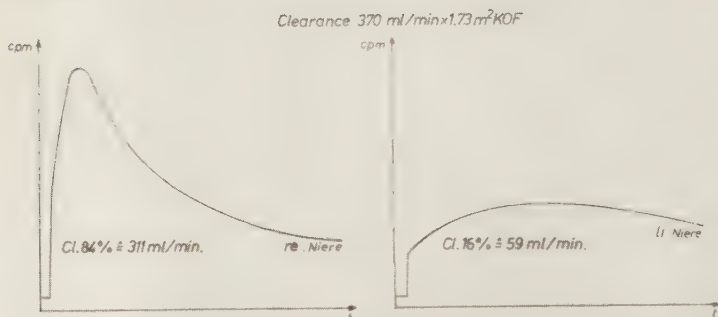


Abb.15 c

Abb.15a: Patientin B.G., 61.J., IUG vom 19.6.73 150' p.i.

Abb.15b: Retrogrades Pyelogramm und Leeraufnahme vom 28.6.73
(unmittelbar vor der Operation erstellt).

Befund:

Destruierende Uro-Tuberkulose links mit Ureterabgangsstenose, prävesikaler Stenose und Verkalkung im Bereich der mittleren Kelchgruppe. Ausscheidung des Kontrastmittels rechts normal, links schwach und verzögert.

Abb.15c: Funktionsszintigramm vom 25.6.73:

Rechte Niere: Normale Funktion, gute Clearance (310 ml/min, $\times$ 1,73m² KOF).

Linke Niere: Hochgradig eingeschränkte Funktion (Clearance 59 ml/min.); Restfunktion überwiegend im Bereich des oberen Pols lokalisiert.

4) Nierentumoren und Nierencysten

Sie zeigen sich im Sequenzszintigramm mit ^{131}J -Hippuran in Form eines Speicherungsdefektes (infolge Verdrängung oder Destruktion des funktionstüchtigen Parenchyms).

Eine Differenzierung zwischen gefäßarmen und gefäßreichen Neubildungen wird möglich durch eine zusätzliche quantitative Nierenperfusionsstudie mit $^{99\text{m}}\text{TcO}_4$. Bei dieser Untersuchung zeigt sich bei gefäßreichen Neubildungen anstelle des Speicherungsdefektes eine vermehrte Durchblutung, etwa bei einem gefäßreichen Nieren-Carzinom. Gefäßarme Neubildungen (gefäßarmes, nekrotisches Nierencarzinom, Cyste, Nierenabszeß, gefäßarme Metastasen) zeigen einen Ausfall sowohl im Funktionsszintigramm, als auch in der quantitativen Perfusionsstudie.

An erster Stelle in der Diagnostik von Nierentumoren und Nierencysten stehen aber weiterhin Ausscheidungs- (bzw. Infusions-) urogramm und vorallem das Angiogramm. Bei bekanntem Nierentumor dient die nuklearmedizinische Funktionsuntersuchung insbesondere zur Beurteilung der Funktion der Gegenseite, die ja nach Tumornephrektomie die Nierengesamtfunktion übernehmen muß.

5) Nierenfehlbildungen

Hier ermöglicht die Sequenzszintigraphie eine Beurteilung von Nierengröße und Nierenform, sowie der Lage der Niere (z.B. einer Hufeisenniere). Allerdings vermag sie bei einer vorgesehenen Operation wegen der meist atypischen Gefäßversorgung die Angiographie nicht zu ersetzen. Außerdem dient die ^{131}J -Hippuran-Clearancebestimmung zur Objektivierung einer primären oder sekundären Funktionseinschränkung.

Mit Sequenzszintigramm und Mephrogramm läßt sich eine Harnstauung aufzeigen, wie sie etwa durch eine Ureterüberkreuzung bei Doppelureter entstehen kann.

Bei vorgesehenen teilresezierenden Operationen, etwa einer Heminephrektomie bei Doppelnieren oder Durchtrennung und Teilresektion einer Hufeisenniere kann durch die exakte

Bestimmung der Clearance des betroffenen Nierenanteils eine Voraussage über den postoperativen Funktionsausfall gegeben und damit eventuell ein Einfluß auf das therapeutische Vorgehen ausgeübt werden.

- - - - -

PATIENTENBEISPIEL V (Abb. 16 a und b)

Es handelte sich um eine 24-jährige Patientin mit einer dysplastischen Niere links, sowie einer Doppelniere mit gedoppeltem Ureter links und einem vesicorenalen Reflux im Bereich des oberen Anteils dieser Niere (Z.n. Reimplantation des Doppelureters; Psoas bladder hitch procedure). Außerdem bestand eine chronische Harninfektion. Sonstige Laborwerte unauffällig.

Fragestellung an die nuklearmedizinische Untersuchung: vorgesehen ist eine Resektion des oberen Anteils der rechten Doppelniere. Wie ist die Funktion dieses Nierenanteiles?

Nuklearmedizinischer Befund:

Rechte Niere: Normale Parenchymfunktion bei partieller Harnstauung. Clearanceanteil des cranialen Pols 58%, des caudalen Pols 42%.

Linke Niere: Harnstauungsniere mit geringgradig eingeschränkter Clearance.

Therapie: Von der beabsichtigten Entfernung des cranialen Nierenanteiles der rechten Doppelniere wurde aufgrund des hohen Clearanceanteils (39% der Gesamtclearance) abgesehen. Zu einem erneuten Reimplantationsversuch des Ureters konnte man sich ebenfalls nicht entschließen, da bereits der letzte derartige Eingriff nur unter größten Schwierigkeiten durchzuführen war.

Mehrinformation durch Clearancebestimmung getrennt nach linker und rechter Niere, sowie nach cranialem und caudalem Anteil der rechten Doppelniere.

Einfluß: Von der Resektion des cranialen Anteils der rechten Doppelniere wurde aufgrund des hohen Clearanceanteils abgesehen.



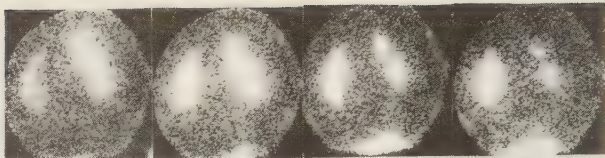
Abb.16 a

Patientin M.D., 24 J., IUG vom 31.7.73 20 'p.i.:

Rechte Niere: Gestaute Doppelniere mit gedoppeltem und gestauten Ureter.

Linke Niere: Dysplastische Niere mit Stauung in NBKS und Ureter.

Patientin M.D. -
25.3.1974



Clearance 464 ml/min. x 1.73 m² KOF

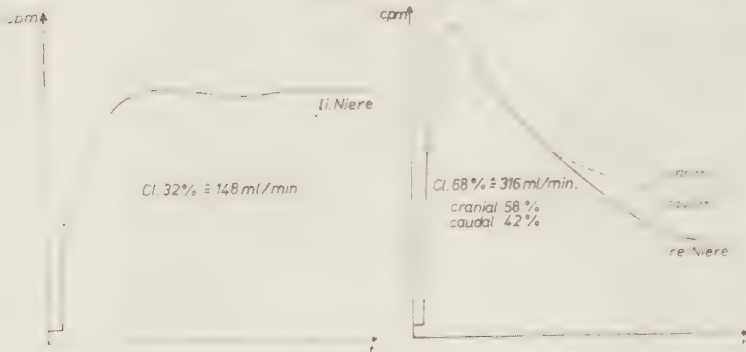


Abb. 16 b

Patientin M.D., Kamera-Funktionsszintigramm vom 25.3.74:

Linke Niere: Harnstauungsniere mit geringgradig eingeschränkter ¹³¹I-Hippuran-Clearance (148 ml/min).

Rechte Niere: Geringgradige Abflußbehinderung bei guter Clearancefunktion: 316 ml/ min, davon beträgt der Anteil des cranialen Pols 58%, der des caudalen Pols 42%.

Die nuklearmedizinische Funktionsdiagnostik der Niere, insbesondere in der von uns heute angewandten Form der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie, gewinnt besondere Bedeutung in der Urologie dadurch, daß sie eine exakte, seitengetrennte Beurteilung der sekretorischen und exkretorischen Nierenfunktion ermöglicht. Sie bildet damit eine Ergänzung zu der morphologischen Beurteilung der Nieren durch die radiologischen Untersuchungsmethoden in Form von Ausscheidungs- bzw. Infusionsurographie und Nierenangiographie.

Die nachfolgende Diskussion soll zeigen, wie groß die Aussagekraft der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie ist im Vergleich zu herkömmlichen Nierenfunktionsuntersuchungen, und welchen Wert sie in der urologischen Diagnostik gewonnen hat.

4.1 Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Normalbereiche von Nephrogrammwerten und ^{131}J -Hippuran-Clearance

Die gefundenen Werte stimmen im wesentlichen mit vergleichbaren Angaben in der Literatur überein (3,13,14, 17,21,29a,31,33,39,43,48,49,58,67,78). Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Nephrogramme nicht unter einheitlichen Bedingungen erstellt wurden. Es gibt drei Hauptmöglichkeiten zur Anfertigung eines Nephrogramms:

- 1) Die Nephrogrammkurven werden über zwei Meßsonden abgeleitet, die über den beiden Nierenregionen aufgesetzt werden.
- 2) Unter Verwendung einer Gammakamera werden die Nephrogrammkurven durch Trennung der beiden Nierenteile mittels Feldteilung gewonnen.
- 3) Die modernste Möglichkeit: Gammakamera mit angeschlossener Datenverarbeitung und Speicherung. Die Aktivitätskurven werden mit Hilfe der "regions-of-interest"-Technik genau über der Einzelniere abgeleitet.

Unsere Nephrogramme wurden alle nach der dritten Methode erstellt, allerdings mit verschiedenen Feldgrößen; neueste

Forschungen haben aber ergeben, daß bei verschiedenen Feldgrößen die Nephrogrammwerte z.T. beträchtlich variieren können (HEINZE ET AL. 29 a).

Diskussion der Nephrogrammwerte und Clearancewerte im einzelnen:

1) Tmax (Zeitspanne bis zur maximalen Impulsrate):

Unser Mittelwert beträgt $3,06' \pm 0,90'$ und liegt somit etwa in der Mitte zwischen anderen Autoren, deren Werte sich zwischen $4'$ (BROWN, 13) und $2,53'$ (PABST und HÖR, 49) bewegen. Lediglich SCHOLZ (67) gibt einen signifikant höheren Wert an, nämlich $5'24''$ und $5'30''$ für die rechte und linke Niere. In der Regel wird ein $T_{max} > 6'$ als pathologisch angesehen. Bei unseren gesunden Nieren lag die Grenze des 2s-Bereichs bei $4,86'$.

2) T/2 (Zeitspanne zwischen maximaler Impulsrate und Abfall auf 50%):

Der bei unseren gesunden Nieren errechnete Mittelwert beträgt $6,10' \pm 2,26'$. Somit liegt der obere Grenzwert des 2s-Bereichs etwas über $10'$. Andere Autoren (3, 13, 29a , 43) geben Mittelwerte zwischen $4,2'$ und $7,8'$ an. Die große Streubreite unseres Mittelwertes ($\pm 37\%$ im 1s-Bereich) läßt sich folgendermaßen begründen: Es handelte sich bei den untersuchten gesunden Nieren zum kleineren Teil um gesunde Nieren bei gesunder Gegenseite, zum größeren Teil bei pathologischer Gegenseite, deren Funktion mehr oder weniger stark eingeschränkt war, zu einem geringen Teil um gesunde Einzelnieren. Bei der Einzelnieren und der funktionellen Restnieren kommt ein verlängertes T/2 dadurch zustande, daß die Körperabfallkurve entsprechend der kleineren Gesamtclearance flacher verläuft und somit die Nephrogrammkurve durch den gemessenen Anteil ebenfalls flacher wird. In der Literatur (ARNDT, 3) wird für gesunde Restnieren ein Normalwert für T/2 von $13,3'$ bzw. $13,5'$ (rechts bzw.links) angegeben.

T/2 ist also auch bei gesunder Niere eventuell erhöht, wenn die Funktion der Gegenseite eingeschränkt ist. Dadurch kann

es fälschlicherweise zur Diagnose einer Harnstauungsniere kommen, wenn die Funktion der Gegenseite zur Beurteilung des T/2 nicht genügend berücksichtigt wird.

Aus den angeführten Gründen dürfte unser Mittelwert im Vergleich zu einem Kollektiv aus beidseits nierengesunden Individuen zu hoch und auch die Streubreite zu groß sein.

3) Sekretionswert

Wir fanden einen Mittelwert von $1,64 \pm 0,2$. Andere Autoren geben Werte zwischen 1,36 und 1,70 an (3, 29a, 31, 49). Als unterer Grenzwert wird übereinstimmend 1,25 angegeben (14, 17, 21). Dies stimmt gut überein mit unserem Grenzwert des 2s-Bereichs, der bei 1,24 liegt.

4) Prozent-Minuten-Konzentration (%Konz./min.)

Unser Mittelwert liegt mit $28,19 \pm 9,56$ im oberen Bereich der Mittelwerte anderer Autoren (29a, 31, 39, 43), die sich zwischen 16,7 und 30,2 bewegen. Die Streubreite unseres Mittelwertes ist wie bei den anderen Autoren sehr groß (2s-Bereich: 9,07 bis 47,31). Dabei spielt vermutlich die Meßungenauigkeit bei der Bestimmung des Wertes x (Impulsrate am Ende der Initialphase) die entscheidende Rolle.

5) Prozent-Minuten-Exkretion (%Exkr./min.)

Der Wert liegt mit $18,97 \pm 8,08$ nahe bei den Werten anderer Autoren (31, 39, 43), die Werte um 17 angeben. Lediglich ein Autor (HEINZE, 29 a) gibt mit 25,2 einen höheren Wert an. Allerdings ist auch hier die Streubreite wieder sehr groß, sodaß die Frage schwer zu beantworten ist, ab wann ein Wert als sicher pathologisch anzusehen ist.

6) Seitengetrennte ^{131}J -Hippuran-Clearance

Für die Clearance der Einzelniere errechneten wir einen Mittelwert von $291 \pm 92 \text{ ml/min.} \cdot 1,73 \text{ m}^2 \text{ KOF}$. In der Literatur fanden wir keinen vergleichbaren Mittelwert für die Clearance der Einzelniere. Für die Gesamtclearance bei Nierengesunden werden Werte zwischen 530 und $614 \text{ ml/min.} \cdot 1,73 \text{ m}^2 \text{ KOF}$ angegeben (33, 58, 78), bzw. als untere Grenze eine

Gesamtclearance von 400 (OBERHAUSEN, 48).

Bei nur 10 gesunden Nierenpaaren konnten wir keinen repräsentativen Mittelwert für die Gesamtclearance errechnen. Wenn wir allerdings unseren Mittelwert für die Clearance der Einzelniere verdoppeln, so erhalten wir eine "Gesamtclearance" von $582 \text{ ml/min} \times 1,73 \text{ m}^2 \text{ KOF}$, die sich gut zwischen die Werte der anderen Autoren einreicht.

Zur Beurteilung der beiden Partialfunktionen von Niere und ableitendem Harnwegssystem sind folgende Parameter am geeignetsten:

Zur Beurteilung der Funktion des Nierenparenchyms eignet sich am besten die seitengesetzte Clearance für ^{131}J -Hippuran, da sie quantitativ die Klärung des Blutes von einer bestimmten Substanz durch die betreffende Niere aufzeigt. Darüberhinaus kann mit Hilfe des Sekretionswertes eine rein qualitative Aussage über die Funktionstüchtigkeit des Nierenparenchyms gemacht werden.

Für die Exkretionsfunktion von Nierenbecken-Kelch- und ableitendem Harnwegssystem ist ein guter Parameter zur Funktionsbeurteilung der Wert $T/2$. Bei diesem Parameter ist allerdings immer die Funktion der Gegenseite zu berücksichtigen bzw. die Körperabfallkurve (Untergrundkurve). Außerdem ist mit Hilfe des Sequenzszintigrammes, im Zweifelsfalle auch mit über Nierenrinde und NBKS getrennt abgeleiteten Aktivitätskurven ("regions-of-interest"-Technik), zu überprüfen, ob wirklich eine Harnstauung oder eine intra-renale Transportstörung vorliegt.

Clearance bei Harnstauung

Aus tierexperimentellen Versuchen (ZUM WINKEL, 76) ist bekannt, daß bei kompletter Harnstauung nach einigen Tagen eine zunächst noch reversible Einschränkung der tubulosekretorischen Funktion der Niere auftritt, die sich nach Wiederherstellung guter Abflußverhältnisse normalisieren kann. Wir untersuchten nun, ob ein Zusammenhang besteht zwischen der ^{131}J -Hippuran-Clearance und dem Schweregrad der Harnstauung (3.1.2). Dabei zeigte sich eine deutliche Verminderung der seitengesetzten ^{131}J -Hippuran-Clearance mit zu-

nehmender Harnstauung: Bei intermittierender Harnstauung lag die Clearance bei 242 ± 114 ml/min. (jeweils bezogen auf $1,73 \text{ m}^2$ Körperoberfläche), bei partieller Harnstauung und einem T/2 unter 20' betrug sie 225 ± 77 ml/min, bei T/2 über 20' noch 191 ± 88 ml/min.. Am niedrigsten war ihr Wert mit 109 ± 95 ml/min. bei kompletter Harnstauung. Die Clearance bei Harnstauung lokal in einer Kelchgruppe zeigte mit 172 ± 41 einen auffällig niedrigen Wert, der bei einem Untersuchungsgut von nur 3 Patienten allerdings nicht repräsentativ sein dürfte.

Die große Streubreite der Clearance-Mittelwerte rührt daher, daß die Dauer der Stauung unberücksichtigt blieb. Die Clearance ist aber in der Regel bei kurzdauernder Stauung und noch vollständig erhaltenem Parenchym höher als nach bereits eingetretenem Parenchymschwund im Sinne einer Druckatrophie bei längerer Harnstauung.

Zur Beurteilung von Harnstauungsniernen trägt die Bestimmung der seitengetreunten ¹³¹J-Hippuran-Clearance dadurch bei, daß sie

- 1) eine quantitative Aussage über die stauungsbedingte Einschränkung der Nierenfunktion erlaubt,
- 2) daß sie bei beidseitiger Harnstauung Differenzen im Schweregrad aufzeigt und dadurch zur Entscheidung beiträgt, welche Seite zuerst operativ angegangen werden soll,
- 3) daß sie nach operativer Wiederherstellung guter Abflußverhältnisse durch exakte Verlaufskontrollen den Erfolg der Operation in Form einer verbesserten Clearance-Funktion dokumentiert.

Clearance bei eingeschränkter Funktion der Gegenseite

Die Untersuchung, ob sich wie bei kompensatorischer Hypertrophie der Restniere nach Nephrektomie (63) auch schon bei eingeschränkter Funktion der Gegenseite eine kompensatorisch erhöhte Clearance zeigt, brachte ein negatives Ergebnis (3.1.3): Es fand sich keinerlei Zusammenhang zwischen Clearance der pathologischen Nieren und Clearance der kontralateralen gesunden Nieren. Trotz teilweise hochgradig

eingeschränkter Nierenfunktion lag in der Regel also offenbar (noch) keine kompensatorische Hypertrophie vor. Als Erklärung läßt sich anführen, daß die im AUG und nach ihrer Clearance "gesunden" Nieren teilweise vermutlich auch schon einen geringen pathologischen Befund aufwiesen.

Beziehung zwischen Clearance und Retentionswerten

Clearancebestimmungen sind unerlässlich für die exakte Beurteilung der Nierenfunktion. Dies zeigt auch unser Vergleich zwischen der ^{131}J -Hippuran-Gesamtclearance und den Retentionswerten von Harnstoff-N und Creatinin im Serum (3.2.1). Die gewonnenen Ergebnisse stimmen gut mit vergleichbaren Kurven bei herkömmlicher Clearancebestimmung überein (z.B. Creatinin-, PAH-, Inulinclearance; 30, 61, 65). Ein Anstieg der Retentionswerte erfolgt erst, wenn die Gesamtclearance auf etwa die Hälfte abgesunken ist (12, 30, 44, 58, 61, 64, 65).

Die größere Streubreite der Mittelwerte bei den Harnstoff-N-Spiegeln ist dadurch bedingt, daß der Harnstoff-Stickstoff außer von der Nierenfunktion noch vom Eiweißgehalt der Nahrung abhängt.

Die beste Beurteilung des renalen Plasmaflusses (RPF) erlaubt die Bestimmung der PAH-Clearance (23). Die ^{131}J -Hippuran-Clearance ist nicht identisch mit der PAH-Clearance, was bedingt ist durch eine verschieden starke Bindung an Serumprotein. (Bei Serumkonzentrationen von 1-2 mg% sind 25 - 30% der PAH, 70% des ^{131}J -Hippuran reversibel an Serumprotein gebunden; 49.) Sie korreliert aber doch recht gut mit ihr (7, 8, 16, 27, 41, 47, 56, 58) und läßt sich deshalb zumindest als indirektes Maß für den effektiven Nierenplasmastrom heranziehen.

Der entscheidende Vorteil der ^{131}J -Hippuran-Clearance gegenüber den Retentionswerten ist die exakte quantitative Beurteilung der Sekretionsfunktion der einzelnen Niere auch bei erst geringgradiger Funktionseinschränkung.

Gegenüber herkömmlichen seitengesetzten Clearancebestimmungen ist hervorzuheben, daß die Bestimmung der ^{131}J -Hippuran-Clearance keinen belastenden Eingriff benötigt.

Cystoskopie und Katheterisierung der Ureteren, bei herkömmlicher seitengegrennter Clearancebestimmung unumgänglich, entfallen. Eine Clearancebestimmung ist auch bei fehlendem Harnfluß möglich, wo andere Clearancemethoden naturgemäß versagen (1), da es sich hier um eine echte Blutclearance und nicht um einen Nachweis der Substanz im Urin handelt.

Beziehung zwischen Clearance und Parenchymsbreite

Die Breite des Parenchymsaums nimmt bei langdauernder Harnstauung ab im Sinne einer Druckatrophie. Sie nimmt ebenfalls ab bei chronisch-entzündlichen Nierenerkrankungen, bei denen ein Untergang von Nierenparenchym und dadurch bedingt eine Schrumpfung der Niere auftritt. Mit dem Parenchymschwund geht eine Einschränkung der Nierenfunktion einher.

Wir haben untersucht, welche Beziehung zwischen Breite des Parenchymsaums (gemessen im AUG bzw. IUG) und ^{131}J -Hippuran-Clearance der Einzelniere besteht. Es ergibt sich eine geringe Beziehung, aber die Korrelation ist bei einem r von maximal 0,48 nicht gut. Die Streubreite der Clearancewerte bei einer bestimmten Parenchymsbreite und umgekehrt ist sehr groß.

Folgende Gründe lassen sich für diese geringe Korrelation anführen:

Die anhand des AUG gemessene Breite des Parenchymsaums ist nur ein grobes Maß für die Menge des vorhandenen Nierengewebes, das auch nur dann angewendet werden darf, wenn die Nieren normal groß sind. Die Messung als solche ist ebenfalls ungenau und relativ grob (hier verwendetes Raster 5 mm). Außerdem kann die Funktionseinschränkung dem Parenchymschwund vorausgehen, etwa im Falle einer kompletten Harnstauungsniere.

Daraus ergibt sich, daß die Breite des Parenchymsaums im Vergleich zur seitengegrennten ^{131}J -Hippuran-Clearance ein schlechtes Kriterium zur Beurteilung der Funktionstüchtigkeit einer Niere darstellt.

Beziehung zwischen Clearance und Sekretionswert

Vor Einführung der seitengesetzten ^{131}J -Hippuran-Clearance wurde neben T_{max} vorallem der Sekretionswert zur Beurteilung der Parenchymfunktion der Niere herangezogen. Deshalb wäre an sich eine zumindest einigermaßen gute Korrelation zwischen den beiden nuklearmedizinischen Parametern Sekretionswert und ^{131}J -Hippuran-Clearance zu erwarten. Bei einem Korrelationskoeffizienten von maximal $r = 0,48$ ergibt sich in der vorliegenden Untersuchung (3.2.3) nur eine geringe Beziehung. Bei den gesunden Nieren ist keinerlei Korrelation festzustellen ($r = 0,08$). Die Streubreite des Sekretionswertes bei einer bestimmten Clearance ist hoch. Dies liegt wohl vorallem an der Meßungenauigkeit für die Parameter x (Impulsrate am Ende der Initialphase) und s (Impulsrate nach 2 min.), deren Quotient s/x den Sekretionswert bildet.

Daraus folgt, daß die Bestimmung der ^{131}J -Hippuran-Clearance als exakte nuklearmedizinische Untersuchung zur Beurteilung der Nierenfunktion der technisch weniger aufwendigen Bestimmung des Sekretionswertes überlegen ist und diesen in Zukunft wohl ersetzen sollte.

Beziehung zwischen Parenchyembreite und Sekretionswert

Keine Korrelation ergab sich in der Beziehung zwischen der Parenchyembreite und dem Sekretionswert (3.2.4). Der Korrelationskoeffizient beträgt maximal 0,26 . Bei den gesunden Nieren ergibt sich sogar eine negative Korrelation, d.h. bei zunehmender Breite des Parenchymsaums nimmt der Sekretionswert geringgradig ab. Dies ist jedoch ein unsinniges Ergebnis.

Zusammenfassend läßt sich feststellen: Die seitengesetzte Bestimmung der ^{131}J -Hippuran-Clearance ist augenblicklich die exakteste(nuklearmedizinische)Untersuchungsmethode zur Beurteilung der tubulosekretorischen Funktion der Einzelnier.

4.2 Diskussion der Wertigkeit der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie in der Urologie

Zur Beurteilung der Wertigkeit der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie wurde für jeden einzelnen Fall die Frage gestellt

- 1) nach der Übereinstimmung zwischen nuklearmedizinischer Untersuchung und den radiologisch-klinischen Befunden,
- 2) nach der Mehrinformation durch die nuklearmedizinische Funktionsuntersuchung,
- 3) nach dem Einfluß dieser Untersuchung auf das therapeutische Vorgehen.

Zu 1) Übereinstimmung

Eine vollständige Übereinstimmung bezüglich Sekretions- und Exkretionsfunktion ergab sich in 85% der Nieren mit pathologischem Befund (3.3.2).

In 15% der Fälle ergaben sich meist geringfügige Diskrepanzen vorallem bezüglich der Exkretionsfunktion, und zwar in dem Sinne, daß funktionsszintigraphisch eine geringe Abflußverzögerung diagnostiziert wurde, die ausscheidungsurographisch nicht zu belegen war. Wie die genauere Untersuchung zeigt, war zumeist ein ampulläres Nierenbecken der Grund für die (fälschliche) Diagnose einer Abflußverzögerung. Zum Teil dürfte es sich aber auch um partielle oder intermittierende Abflußverzögerungen gehandelt haben, die sich mit dem AUG nicht immer erfassen lassen, wohl aber mit der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie. Auf andere Möglichkeiten, bei denen physiologischerweise ein erhöhtes T/2 zu beobachten ist, wurde bereits hingewiesen (S.84).

In wenigen Fällen ergaben sich bei hochgradig eingeschränkter Nierenfunktion Diskrepanzen bezüglich der Parenchymfunktion, die sich durch den verschiedenartigen Ausscheidungsmodus von ^{131}J -Hippuran (vorwiegend tubulär sezerniert) und Röntgenkontrastmittel (vorwiegend glomerulär filtriert) ausreichend erklären lassen.

Insgesamt ergab sich also eine gute ["]Übereinstimmung zwischen dem Ergebnis der quantitativen Kamera-Funktions-szintigraphie und den radiologisch-klinischen Befunden.

Zu 2) Mehrinformation

Eine weitergehende Information durch das Ergebnis der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie zeigte sich bei Harnstauungsniere und pathologischen Nieren insgesamt in je 80% der Fälle (3.3.3). Am höchsten war der Prozentsatz bei Nierenbecken- und Nierenkelchsteinen (92% bzw. 82%), am geringsten war er mit 67% bei den Uretersteinen und mit 75% bei den Nierentumoren, die sämtlich angiographiert worden waren.

In einem großen Teil der Fälle ergab sich also eine Mehrinformation bezüglich der Nierenfunktion speziell durch die quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie, neben allen anderen, insbesondere den radiologischen Untersuchungsmethoden.

Zu 3) Einfluß auf die Therapie

Eine Mehrinformation durch eine bestimmte Untersuchungsmethode muß nicht unbedingt therapeutische Konsequenzen nach sich ziehen. Sie kann etwa die Diagnostik ergänzen, ohne einen Einfluß auf die Therapie auszuüben.

Bei unserem Patientengut fanden wir einen Einfluß auf das therapeutische Vorgehen bei insgesamt 40% der pathologischen Nieren (3.3.4.1). In zwei von fünf Fällen war das Ergebnis der nuklearmedizinischen Untersuchung also mitbestimmend dafür, ob und wie operativ vorgegangen wurde. Dieser Einfluß kam zustande

- a) durch Mehrinformation über die zur Operation vorgesehene Seite und
- b) durch Mehrinformation über die kontralaterale (gesunde oder ebenfalls pathologische) Niere,
- c) durch Beurteilung des Schweregrades bei beidseitigen urologischen Erkrankungen.

Zu a) Die Mehrinformation über die zur Operation vorgesehene

Niere bestand in erster Linie in der Beurteilung der tubulosekretorischen Funktion mit Hilfe der seitengetrenten ^{131}J -Hippuran-Clearancebestimmung. Die Clearance-Bestimmung gab oft den letzten Ausschlag dafür, ob eine Niere als erhaltungswürdig angesehen wurde oder nicht. Damit trug sie bei zur Indikation zur Nephrektomie oder zu organerhaltendem operativen Vorgehen.

In zweiter Linie ergab sich eine Mehrinformation durch das Sequenzszintigramm und die mit Hilfe der "regions-of-interest"-Technik über der Gesamtniere oder über einzelnen Regionen gewonnenen Nephrogrammkurven. Diese sind vorallem von Interesse vor partiellen Resektionen, etwa vor der Hemi-nephrektomie eines Anteils einer Doppelniere oder vor der Durchtrennung einer Hufeisenniere. Mit ihrer Hilfe lassen sich auch (bei bekannten Gesamtclearance) die Clearance-anteile der zur Resektion vorgesehenen Nierenteile berechnen.

Bei Nephroptosen bietet die im Sitzen und Liegen durchgeführte Doppeluntersuchung eine wesentliche Entscheidungshilfe für die Indikation zur Nephropexie, und zwar durch Aussagen über ptosebedingte (durchblutungsbedingte ?) Sekretions- und Exkretionsstörungen.

Zu b) Eine große Rolle spielte, insbesondere bei beidseitigen Erkrankungen, die Funktion der (nicht zur Operation vorgesehenen) kontralateralen Niere. Hier trug die ^{131}J -Hippuran-Clearance entscheidend zur Frage bei, ob, etwa bei vorgesehener Nephrektomie, die Funktion der Gegenseite ausreichen würde, um die Gesamtnierenfunktion ohne das Risiko einer Niereninsuffizienz zu übernehmen.

Zu c) Waren beide Seiten zur Operation vorgesehen, so konnte durch eine Beurteilung von Differenzen im Schweregrad beigetragen werden zur Entscheidung, welche Niere zuerst operativ angegangen werden sollte.

Einfluß in Abhängigkeit von der Funktion der Gegenseite

Die Untersuchung der Abhängigkeit des Einflusses von der

Funktion der Gegenseite (3.3.4.2) brachte keinen signifikanten Unterschied gegenüber dem Einfluß auf die Therapie bei den pathologischen Nieren insgesamt: Bei gesunder Gegenseite betrug der Einfluß 42%, bei pathologischer Gegenseite 40%. Lediglich bei Einnierigkeit war er mit 25% deutlich geringer, entsprechend dem eingeschränkten therapeutischen Spielraum bei Einnierigkeit. Die geringe Differenz zwischen dem Einfluß bei gesunder Gegenseite und dem bei pathologischer Gegenseite täuscht allerdings, da bei pathologischem Befund beidseits oft der Befund einer Seite nur gering war, deshalb von Anfang an keine Operation geplant war und somit keine Beeinflussung des therapeutischen Vorgehens möglich war.

Wenn man den Einfluß auf die Operationen betrachtet, zeigt sich, daß bei pathologischem Befund der Gegenseite in 58% der Fälle ein Einfluß festzustellen war, bei gesunder Gegenseite dagegen nur in 45%.

Einfluß bei verschiedenen Diagnosen

Die Untersuchung darüber, wie stark der Einfluß bei verschiedenen Diagnosen differiert, erbrachte beträchtliche Unterschiede (3.3.4.3): 65% betrug der Einfluß bei den Uro-Tuberkulosen, zwischen 40% und 50% bei Nierensteinerkrankungen, 45% bei den Ureterabgangsstenosen, knapp 20% bei den Nierentumoren. Im Gegensatz zur einfachen Mehrinformation ist der Einfluß also stark abhängig von der Diagnose.

Die Frage, welchen Einfluß eine Untersuchungsmethode auf die Therapie nehmen kann, hängt ganz allgemein ab

- 1) von bestimmten Eigenschaften dieser Methode und
- 2) von der Breite der therapeutischen Möglichkeiten bei einer bestimmten Diagnose.

Zu 1) Entscheidend an den Eigenschaften der Untersuchungsmethode ist, ob sie zur Diagnosestellung führt. Wenn sie dies tut, wird sie auf jeden Fall einen Einfluß auf die Therapie haben. Diese Eigenschaft hat in der Urologie die radiologische Diagnostik, die damit auf jeden Fall einen großen Einfluß auf die Therapie ausübt. Die quantitative Kamerafunktionsszintigraphie dagegen führt nicht primär zur Diagnosestellung. Sie erlaubt lediglich Aussagen funktioneller

Art, etwa über den Schweregrad einer Erkrankung oder über eine Einschränkung der Nierenfunktion. Deshalb wird sie nur einen Einfluß auf das therapeutische Vorgehen haben, wenn funktionelle Aspekte für die Art der Therapie eine Rolle spielen.

Zu 2) Inwieweit eine Untersuchungsmethode Einfluß auf die Therapie ausüben kann, hängt auch von der Breite der therapeutischen Möglichkeiten bei dem jeweiligen Krankheitsbild ab.

Es gibt Krankheiten, bei denen sofort mit der Diagnosestellung die Indikation zu einer ganz bestimmten Therapie gegeben ist, etwa zur Nephrektomie bei einem Nieren-Ca. Die Diagnose wird in diesem Fall durch die radiologischen Untersuchungsmethoden gestellt. Ein Einfluß der nuklearmedizinischen Untersuchung kommt höchstens zustande durch die Diagnosestellung einer schweren Funktionseinschränkung der kontralateralen Niere, die eine Nephrektomie verbietet.

Andere Krankheiten geben dem Urologen einen größeren Spielraum bezüglich der Therapie. Als Beispiel sei die Diagnose Uro-Tuberkulose angeführt: Bei diesem Krankheitsbild kann der Urologe abwägen zwischen Chemotherapie, organerhaltender Operation - nach unserer Definition zählen dazu auch teilweise resezierende Operationen - und Nephrektomie. Hier kann die quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie durch Aussagen über den funktionellen Schweregrad, etwa auch über eine Funktionseinschränkung in umschriebenen Nierenanteilen, wie sie bei der Nieren-Tbc oft vorkommt, einen Einfluß ausüben.

Nierensteinerkrankungen und Ureterabgangsstenosen bilden die häufigste Indikation der organerhaltenden Nierenchirurgie. Bei diesen Erkrankungen ist meist die Entscheidung zwischen verschiedenen organerhaltenden Operationen zu fällen, etwa zwischen einer Pyelolithotomie, Nephro(litho)tomie und Polamputation bei Steinerkrankungen; oder zwischen einer Nierenbeckenplastik und einer Fistelung bei einer Abgangsstenose bei ausreichend erhaltener Parenchymfunktion.

Ganz allgemein läßt sich sagen:

Am größten war der Einfluß der Kamera-Funktionsszintigraphie dort, wo der Entscheidungsspielraum des Urologen am größten war und wo funktionelle Aspekte eine Rolle spielten bei der Frage, ob und wie operativ vorzugehen sei.

Einfluß bei verschiedenen Arten der Therapie

Die Fragestellung, bei welchem therapeutischen Vorgehen der Einfluß am größten war, erbrachte folgendes Bild (3.3.4.4): Bei operativem Vorgehen war der Einfluß mit rund 50% deutlich höher, als wenn nicht operiert wurde. (30%).

Dazu ist anzumerken: Operiert wurden bei pathologischem Befund beiderseits nur 78 von 212 Nieren, das sind 37%. Bei Einnierigkeit betrug dieser Prozentsatz 67%, bei gesunder Gegenseite 83%. Für den geringen Prozentsatz an Operationen bei pathologischem Befund beidseits lassen sich mehrere Gründe anführen:

- a) Der pathologische Befund einer Seite war nur gering oder operativ nicht angehbar, etwa eine chronische Pyelonephritis ohne Abflußhindernis; die Einweisung war ausschließlich wegen der anderen Niere erfolgt.
- b) Eine Seite wurde operiert, eventuell sogar entfernt; mit der Sanierung der Gegenseite wurde abgewartet.
- c) Es handelte sich bei der kontralateralen Niere um eine bereits operierte Niere mit eingeschränkter Funktion.

Daraus wird zweierlei verständlich:

- 1) warum bei pathologischer Gegenseite seltener operiert wurde: weil der Befund einer Seite nur gering oder gar nicht chirurgisch angehbar war, etwa eine Pyelonephritis ohne Abflußbehinderung,
- 2) warum der Einfluß auf das therapeutische Vorgehen gering war, wenn bei pathologischem Befund nicht operiert wurde: weil dann meist schon von Anfang an gar keine Operation vorgesehen und die Überweisung wegen der anderen Niere erfolgt war.

Am größten war der Einfluß des Ergebnisses der nuklearmedizinischen Funktionsuntersuchung auf eine Operation (Organerhaltung bzw. Nephrektomie) jeweils bei patholo-

gischem Nierenbefund beidseits (56,7 bzw. 58,3 %). Hier ergab die Beurteilung der betroffenen, als auch der nichtbetroffenen (ebenfalls pathologischen) Seite einen Einfluß auf die Therapie.

Bei gesunder Gegenseite war der Einfluß geringer (50% bzw. 42%), wobei das Verhältnis zugunsten der Nephrektomie verschoben ist. In diesen Fällen kam ein Einfluß auf das therapeutische Vorgehen der Urologen meist nur noch zustande durch die Beurteilung der pathologischen Seite.

Die Diagnose "Gesunde Gegenseite" wurde in der Regel nicht erst durch die nuklearmedizinische Untersuchung gestellt.

Am geringsten war der Einfluß auf eine (organerhaltende) Operation mit 38% bei Einnierigkeit wegen des geringen therapeutischen Spielraums.

Therapeutisches Vorgehen in Abhängigkeit vom Einfluß des Ergebnisses der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie

Betrachtet man das Verhältnis zwischen den verschiedenen Arten des therapeutischen Vorgehens in Abhängigkeit vom Einfluß der nuklearmedizinischen Funktionsuntersuchung, so zeigt sich (3.3.4.5): Bei den pathologischen Nieren insgesamt war, wenn das Ergebnis der nuklearmedizinischen Untersuchung die Therapie beeinflusst hatte, das Verhältnis zwischen Nephrektomie zu organerhaltender Operation zu keiner Operation wie 3 : 6 : 5. Wurde das therapeutische Vorgehen nicht beeinflusst, so war das Verhältnis 2 : 5 : 10. Dieses Ergebnis ist nicht ganz leicht zu interpretieren. Es besagt nämlich zwar, daß bei Einfluß der nuklearmedizinischen Untersuchung der Anteil der Operationen höher war und unter diesen wiederum der Anteil der Nephrektomien, es besagt aber noch lange nicht, daß das Ergebnis der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie dieses therapeutische Vorgehen verursacht hätte.

Eher läßt sich sagen: Die nuklearmedizinische Untersuchung war weniger interessant bei der Entscheidung, ob überhaupt zu operieren sei, sondern vielmehr bei der Frage,

wie operativ vorzugehen, ob also etwa zu nephrektomieren sei, oder ob man eine organerhaltende Operation versuchen sollte.

Therapie in Abhängigkeit von der ^{131}J -Hippuran-Clearance

Die Abhängigkeit des therapeutischen Vorgehens von der seitengetrenten Parenchymfunktion beider Nieren zeigt sich deutlich bei einem Vergleich zwischen Clearance der operierten Seite (präoperativ) und der kontralateralen Niere, bei Nephrektomien und organerhaltenden Operationen (3.3.5).

Für diese Untersuchungen wurden nur diejenigen Fälle herangezogen, bei denen ein Einfluß der nuklearmedizinischen Untersuchung festzustellen gewesen war.

Bei den entfernten Nieren lag die Clearance im Mittel bei 63 ml/min. (bezogen auf $1,73 \text{ m}^2$ KOF); die der Gegenseite betrug 291 ml/min. und lag damit gerade beim Mittelwert der gesunden Nieren.

Bei organerhaltendem Vorgehen zeigte die Clearance der operierten Seite einen Mittelwert von 187 ml/min., die der Gegenseite von 165 ml/min..

Ein Grenzwert zwischen Nephrektomie und organerhaltendem Vorgehen ist schwer festzulegen. OBERHAUSEN (48) nennt als Grenzwert für die Organerhaltung 100 ml/min.. Bei guter Funktion der Gegenseite kann dies als Richtschnur gelten. Allerdings sollte man bei Einschränkung der Funktion der Gegenseite auf Clearancewerte unter 150-200 ml/min. auch bei einer Clearance (der zu operierenden Seite) zwischen 50 und 100 ml/min. noch eine organerhaltende Operation versuchen. Der Versuch, die bestehende Gesamtnierenfunktion zu erhalten oder durch Schaffung guter Abflußverhältnisse noch zu verbessern, sollte zur Verhinderung einer Niereninsuffizienz gewagt werden.

Abschließende Diskussion

Im Gegensatz zur Ausscheidungsurographie und Nierenangiographie, mit deren Hilfe sich in erster Linie Aussagen über die Morphologie von Niere und Harnwegen machen lassen, erlaubt die quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie eine detailliertere Beurteilung der Nierenfunktion. Sie stellt somit keine Konkurrenz dar zu den unentbehrlichen radiologischen Untersuchungsmethoden, die in der urologischen Diagnostik weiterhin an erster Stelle stehen, sondern ergänzt sie vielmehr. Dies wird in vielen Arbeiten zu diesem Thema betont (4, 9, 10, 19, 20, 21, 22, 24, 28, 31, 32, 34, 37, 38, 40, 45, 50, 51, 52, 59, 60, 74, 76).

Die quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie setzt sich zusammen aus den drei Bestandteilen Sequenzszintigramm, Nephrogrammkurven und seitengegrennter ^{131}J -Hippuran-Clearancebestimmung. Der bedeutendste dieser drei Teile ist die seitengegrennte Bestimmung der ^{131}J -Hippuran-Clearance. Als Clearancebestimmung ist sie der Bestimmung der Retentionswerte in ihrer Aussagekraft überlegen: Sie erlaubt eine Funktionsbeurteilung der einzelnen Niere, während Harnstoff-N- und Creatininspiegel im Serum lediglich eine Beurteilung der Gesamtfunktion beider Nieren zulassen und außerdem erst bei **größerer** Einschränkung (auf etwa 50%) der Nierengesamtfunktion erhöht sind. Gegenüber herkömmlichen seitengegrennten Clearance-Bestimmungen (endogene Creatinin-, PAH-, Inulin-Clearance), die nur mit Hilfe von Cystoskopie und Katheterisierung möglich sind, hat sie den Vorteil der relativ einfachen Handhabung und fast beliebigen Wiederholbarkeit unter konstanten Bedingungen. Zudem ermöglicht sie -mit Hilfe von Sequenzszintigraphie und "regions-of-interest"-Technik nicht nur eine Beurteilung der Parenchymfunktion der Einzelniere, sondern sogar der partiellen Parenchymfunktion einzelner Nierenteile, wenn etwa eine Polresektion oder eine Heminephrektomie vorgesehen sind.

Die ^{131}J -Hippuran-Clearancebestimmung ist auch möglich

in Fällen von Oligo-Anurie, wo herkömmliche Clearancebestimmungen naturgemäß versagen, da es sich hier um eine echte Blutclearance und nicht um den Nachweis einer Substanz im Urin handelt.

Die mit Hilfe der "regions-of-interest"-Technik über den Gesamtnieren oder über einzelnen Nierenregionen, auch über Ureter oder Harnblase abgeleiteten Nephrogrammkurven erlauben Aussagen über den Typ einer Harnstauung. Für die Lokalisation des Abflußhindernisses können sie allerdings auch in Verbindung mit dem Sequenzszintigramm nur als grobe Orientierungshilfe dienen. Die exakte Lokalisation bleibt der Ausscheidungsurographie vorbehalten.

Eine Differenzierung zwischen einer Harnstauung und einer intrarenalen Transportstörung, die im herkömmlichen Sonden-Nephrogramm dasselbe Bild zeigen können, wird ermöglicht durch Nephrogrammableitung getrennt über Nierenrinde und NBKS.

Bei gut durchbluteten Nierentumoren vermag die schnelle Sequenzszintigraphie zur Differentialdiagnose Tumor-Cyste beizutragen. Allerdings bietet sie bei Tumorverdacht keinen Ersatz für die Angiographie (10, 11, 22, 25, 32, 37, 51, 52, 74).

Bei einer Nephroptose erlaubt die im Sitzen und im Liegen durchgeführte Doppeluntersuchung eine Aussage über das Ausmaß der ptosebedingten Einschränkung von Sekretion und Exkretion und trägt somit dazu bei, die Indikation zur Nephropexie enger zu stellen (14, 73).

Die quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie zeichnet sich aus durch eine nur geringe Belastung für den Patienten, insbesondere durch eine im Vergleich zum Ausscheidungsurogramm minimale Strahlenbelastung (bei einer Gabe von 200 μ ci ^{131}J -Hippuran beträgt sie für Ganzkörper und Gonaden bzw. Niere 10-40 bzw. 20-200 mrad; 18) und eine dadurch bedingte gute Wiederholbarkeit. Damit eignet sich die quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie auch

gut als Screeningverfahren und zur Verlaufsbeobachtung von Nierenerkrankungen (5, 9, 17, 20, 37, 40, 49, 52, 58, 68, 72, 75).

Die zusätzliche Strahlenbelastung zu der des AUG ist gering und wird durch die gewonnene Mehrinformation über die Nierenfunktion aufgewogen. Leider bietet die quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie keinen Ersatz für die radiologischen Untersuchungsmethoden, die in der urologischen Diagnostik weiterhin den ersten Platz einnehmen. Durch ein bedeutend geringeres Auflösungsvermögen und eine dadurch bedingte geringere Detailerkennung ist sie diesen Methoden eindeutig unterlegen.

Nur in Ausnahmefällen - bei hochgradiger Niereninsuffizienz und bei Jodallergie - kann die quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie zur Beurteilung von Nierenform und Nierengröße, sowie von Parenchymdefekten herangezogen werden.

Ansonsten dient die quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie ausschließlich zur Prüfung der sekretorischen und exkretorischen Nierenfunktion. Bedeutung für das therapeutische Vorgehen gewinnt sie immer dann, wenn, etwa bei der Indikation zur Nephrektomie oder zu organerhaltendem operativen Vorgehen, funktionelle Aspekte eine Rolle spielen. Dies ist insbesondere der Fall bei der präoperativen Diagnostik von chronisch-entzündlichen Nierenerkrankungen und Harnabflußstörungen, etwa bei einer destruierenden Uro-Tuberkulose oder bei einer Nephrolithiasis mit begleitender Pyelonephritis.

Bei beidseitigen urologischen Erkrankungen kann die quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie Unterschiede im Schweregrad aufzeigen und dadurch zur Entscheidung beitragen, welche Seite zuerst operativ angegangen, bei beidseitiger Nephrolithiasis beispielsweise, welche Seite zuerst entsteint werden soll. Nach erfolgter Operation ermöglicht sie durch Verlaufskontrollen eine exakte Beurteilung des Operationserfolges.

Wertung

In der vorliegenden Arbeit wurde anhand des Untersuchungs-

materials von 221 Patienten die Aussagekraft und Wertigkeit der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie in der Urologie überprüft. Es konnte gezeigt werden, daß insbesondere die präoperative, aber auch die postoperative seitengetrennte Funktionsbeurteilung der Nieren mit Hilfe dieser neuen nuklearmedizinischen Untersuchungsmethode eine Bereicherung der urologischen Diagnostik darstellt, und daß aufgrund der funktionellen Aussage das therapeutische Vorgehen im Sinne einer Entscheidungshilfe maßgeblich beeinflußt wurde.

- 1) Unter dem Begriff "Quantitative Kamera-Funktionsszintigraphie" versteht man eine neue nuklearmedizinische Funktionsuntersuchung der Niere, die sich zusammensetzt aus Sequenzszintigraphie, Nephrographie und seitengetreunter Bestimmung der ^{131}J -Hippuran-Clearance in einem Arbeitsgang.
- 2) Dieses Untersuchungsverfahren bietet in der präoperativen urologischen Diagnostik keinen Ersatz für die bewährten radiologischen Untersuchungsmethoden, vielmehr ergänzt sie die vorwiegend morphologischen Aussagen von AUG/IUG und Angiogramm durch eine exakte Beurteilung der Nierenfunktion.
- 3) An einem Patientengut von 221 stationären Patienten der Urologischen Universitätsklinik München wurden Aussagekraft und Wertigkeit der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie untersucht. Dies geschah durch Prüfung von Übereinstimmung zwischen der nuklearmedizinischen Funktionsuntersuchung und dem AUG, durch Untersuchung von Mehrinformation und Einfluß auf das therapeutische Vorgehen, und durch eine direkte Gegenüberstellung einiger nuklearmedizinischer, radiologischer und klinischer Parameter.
- 4) Vollständige Übereinstimmung zwischen der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie und den klinisch-radiologischen Untersuchungsmethoden ergab sich in 85% der Nieren mit pathologischem Befund (N = 321). Die Differenzen in 15% der Fälle bestanden zumeist bezüglich einer geringen Abflußverzögerung und lassen sich als weitergehende Informationen interpretieren; in einem kleinen Teil der Fälle waren sie bedingt durch den verschiedenartigen Ausscheidungsmechanismus von Röntgenkontrastmittel (glomerulär filtrierte) und ^{131}J -Hippuran (tubulär sezerniert).

- 5) Eine weitergehende Information ergab sich in 80% der Fälle, vor allem durch die seitengesetzte Bestimmung der ^{131}J -Hippuran-Clearance.
- 6) Ein Einfluß auf das therapeutische Vorgehen fand sich insgesamt in 40% der Fälle. Er kam zustande durch eine Funktionsbeurteilung nicht nur der zur Operation vorgesehenen Niere selbst, sondern auch der kontralateralen Niere, insbesondere bei der Indikationsstellung zur Nephrektomie.
- 7) 53% der durchgeführten 53 Nephrektomien und 50% der 113 organerhaltenden Operationen wurden durch das Ergebnis der quantitativen Kamera-Funktionsszintigraphie beeinflusst.
- 8) Unterschiedlich groß war der Einfluß auf das therapeutische Vorgehen bei den verschiedenen Diagnosen, je nachdem, wie groß der therapeutische Spielraum war, und inwieweit funktionelle Aspekte eine Rolle spielten: 65% betrug er bei den Uro-Tuberkulosen (N = 23), zwischen 40% und 50% bei Nierensteinerkrankungen (N = 114), je nach Lokalisation des Konkrements, 45% bei den Ureterabgangsstenosen (N = 43) und knapp 20% bei den Nierentumoren - bei diesen 3 von 16 Tumoren kam er jeweils zustande durch Mehrinformation über die kontralaterale Niere.
- 9) In einem direkten Vergleich zwischen der ^{131}J -Hippuran-Clearance und den Parametern Sekretionswert, Harnstoff-N- und Creatininspiegel im Serum, sowie der Parenchyembreite (im AUG) zeigte sich, daß derzeit die seitengesetzte ^{131}J -Hippuran-Clearance als das sicherste (nuklearmedizinische) Kriterium zur Beurteilung der seitengesetzten tubulosekretorischen Nierenfunktion anzusehen ist.

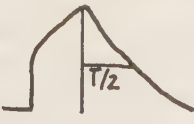
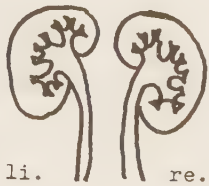
Klinischer Verlauf

Name	geb.		
Datum			
Harnstoff-N			
Creatinin			
Leukozyten			
Bakterien: Zahl			
Spezies			
BSG			
Blutdruck RR			
Op. bzw. therapeut. Vorgehen			
Intraoperativer Befund			
Makro-u. mikrosk. Befund			
Abschlußdiagnose			

Ausscheidungsurogramm/ Infusionsurogramm

Name	geb.			
Datum				
				
	re	li	re	li
<u>Nierengröße</u> längs				
(cm) quer				
Breite des Paren-				
chymsaums (cm)				
<u>Lage</u> orthotop				
caudal dystop				
ren mobilis (cm)				
<u>Nierenkontur</u> glatt				
gebuckelt				
<u>Ausscheidung</u>				
regelrecht				
verzögert				
schwach				
stumm				
<u>Kelchhölse</u> o.KG				
deformiert m.KG				
u.KG				
verlagert o.KG				
m.KG				
u.KG				
<u>Kelchbecher</u> o.KG				
deformiert m.KG				
u.KG				
<u>Nierenbecken</u> linear				
ampullär				
<u>Stauung</u> NBaS				
Ureter				
<u>Arteriograph.Diagnose</u>				
<u>Röntgenologische</u>				
<u>Diagnose</u>				

quantitatives Kamera-Funktionsszintigramm

Name		geb.													
Datum															
<u>Nephrogramme</u> Gesamtniere Tmax T/2 %Konz./min. %Exkr./min. SW	li	re	<u>Kurvenverlauf</u>   li re												
Regions of Interest		1. 2.													
1.															
2.															
<u>Sequenzszintigramm</u> Anreicherung seitengleich zeitgerecht verzögert keine homogen Ausscheidung seitengleich zeitgerecht verzögert keine	li	re	<u>Defekte im Speichermuster</u>  li. re.												
Nierenbecken normal erweitert nicht erkennbar			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%; text-align: center;">Intrarenale Transportstörung</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">li</td> <td style="width: 10%; text-align: center;">re</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Intrarenale Transportstörung	li	re									
Intrarenale Transportstörung	li	re													
Ureter dargestellt konst. vorübergehend erweitert nicht erkennbar			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%; text-align: center;">Abflußstörung NB&S</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ureter o.Drittel</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">m.Drittel</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">u.Drittel</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Abflußstörung NB&S			Ureter o.Drittel			m.Drittel			u.Drittel		
Abflußstörung NB&S															
Ureter o.Drittel															
m.Drittel															
u.Drittel															
^{131}J -Hippuran-Clearance Gesamt: ml/min x 1,73 m ² KOF															
Linker Anteil: % $\hat{=}$ ml/min, rechter Anteil: % $\hat{=}$ ml/min															
<u>Nuklearmedizinische Diagnose:</u>															
Linke Niere		Rechte Niere													

Beurteilungsbogen

Name	geb.	re	li
Übereinstimmung zwischen quantitativer Kamera-Funktionsszintigraphie und klinisch-radiologischen Befunden ?	ja		
	nein		
Weitergehende Information durch die quan- titative Kamera-Funktionsszintigraphie ?	ja		
	nein		
Einfluß auf das therapeutische Vorgehen ?	ja		
	nein		
Nephrektomie Organerhaltende Op. Keine Op.			

1. ALKEN, C.E.:
Leitfaden der Urologie.
Thieme Stuttgart 1973
2. ANGER, H.O.:
Scintillation camera.
Rev. Scient. Instrum. 29 (1958) 27
3. ARNDT, J., R. VOIGT, A. UNVERRICHT:
Zum Informationswert des Isotopennephrogramms
bei kompensatorischer Hyperplasie der Restniere
nach Nephrektomie.
Fortschr. Röntgenstr. 118,2 (1973) 197
4. ATKINS, H.L., L.M. FREEMAN:
The investigation of renal diseases using radio-
nuclides.
Postgrad. med. J. 49 (1973) 503
5. BEKIER, A.:
Kameraszintigraphische Untersuchungen an urolo-
gischen Patienten.
Nuclear-Medizin 12,3 (1973) 232
6. BENDER, M., M. BLAU:
Autofluoroscopy: The use of a non-scanning
device for tumor localization with radioisotopes.
J. Nucl. Med. 1 (1960) 105
7. BLAUFox, M.D., E.J. POTCHEN, J.P. MERRIL:
Measurement of effective renal plasma flow in
man by external counting methods.
J. Nucl. Med. 8 (1967) 77
8. BLAUFox, M.D., M.F. CONROY:
Measurement of renal mean transit time of
Hippuran ¹³¹I with external counting.
J. Nucl. Biol. Med. 12,3 (1968) 107

9. BLAUFox, M.D.:
Nuclear medicine and renal disease.
Hosp.Pract. 7,10 (1972) 137

10. BREIT, A., P.REINDL, P.GROTEMEYER:
Wertigkeit nuklearmedizinischer Funktions-
diagnostik (Autofluoroscope) im Vergleich
mit Röntgen-Kontrastdarstellungen der Nieren
(Pyelogramm, Angiogramm).
Fortschr.Röntgenstr. 116,3 (1972) 93

11. BREIT, A., P.REINDL:
Wertigkeit nuklearmedizinischer Funktions-
diagnostik (Autofluoroscope) im Vergleich
mit Röntgen-Kontrastdarstellungen der Nieren
(Gefäßerkrankungen und Anomalien).
Fortschr.Röntgenstr. 116,3 (1972) 335

12. BROD, J.: Normale und pathologische Funktion der Niere.
In: Klinisch-radiologisches Seminar, Bd.1:
Erkrankungen der Niere. Hrg.: W.Frommhold
und P.Gerhardt.
Thieme Stuttgart 1972

13. BROWN, F.A., R.H.GELBER, L.H.YONKELES, L.R.BENNETT:
Quantitative Approach to the I¹³¹ Renogramm.
JAMA 186,3 (1963) 211

14. BÜLL, U., P.FAUL, H.LANGHAMMER, K.J.PFEIFER, E.ELSÄSSER,
K.W.FREI:
Isotopennephrographische Untersuchungen zur
Korrelation von lageabhängigen Funktionsbeein-
trächtigungen mit der Absinkhöhe bei Nephro-
ptosen.
Urologe Ausg.A 11,3 (1972) 148

15. CASSEN, B., L.CURTIS, L.W.REED, R.L.LIBBY:
Instrumentation for ¹³¹I use in medical studies.
Necleonics 9 (1951) 46

16. CHAPMAN,A., C.DELLIEUX, J.ROHAN, J.GUEDON:
Clearance du Radiohippuran. Evaluation d'une
méthode de mesure sans recueil d'urines.
Path.biol. 20/21,22 (1972) 895
17. EIGLER,J.: Nuklearmedizinische Funktionsdiagnostik
in der klinischen Nephrologie.
Internist 10 (1969) 349
18. EMRICH,D.: Nuklearmedizinische Funktionsdiagnostik.
Thieme Stuttgart 1971
19. ERBE,W.: Der Beitrag nuklearmedizinischer Methoden
zur Diagnostik verschiedener urologischer Er-
krankungen.
Urologe Ausg.B 11,5 (1971) 170
20. ERD,W., G.GASSER, R.HOFER, H.NIEDOBA:
Die Gamma-Szintillationskamera in der Urologie.
Helv.chir.acta 37,4-5 (1970) 435
21. FEINE,K., K.ZUM WINKEL:
Nuklearmedizin.Szintigraphie.
Thieme Stuttgart 1964 und 1969
22. FOCHER,K., F.S.FUCHS, E.OGRIS, F.OLBERT:
Methode und Differentialdiagnose der Früher-
fassung raumfordernder Prozesse der Niere.
Radiol.clin.biol. 43 (1974) 99
23. GANONG,W.F.:
Medizinische Physiologie. Kap.38: Funktion
der Niere.
Springer Berlin, Heidelberg, New York 1971
24. GLASER,F., K.HENNIG, H.RAATSCH, K.KÖHLER:
Isotopennephrogramm, Renoszintigramm und Reno-
vasogramm bei Nierentuberkulose. Ein Vergleich.
Z.Ges.Inn.Med. 27,11 (1972) 457

25. GÜNTHER, R., P. SCHENCK, S. YOSHIDA, P. PRAGER:
Die Nierenszintigraphie mit ^{131}J -o-Jodhippur-
säure zur Darstellung gut durchbluteter Nie-
rentumoren und Möglichkeiten der Fehlinter-
pretation.
Fortschr. Röntgenstr. 117,4 (1972) 451
26. HAST, B., R. ROHLOFF, H. G. HEINZE:
Computer-Auswerteprogramm für die quantitative
Kamera-Funktionsszintigraphie der Nieren.
Nuc. Comp. (1975) im Druck
27. HAUSCHILD, G., J. LOBE, G. MÜLLER ET AL.:
 ^{131}J -Hippuran-Clearance im slope während der
Isotopennephrographie.
Kinderärztl. Praxis 40,6 (1972) 248
28. HEIDENREICH, P., H. LANGHAMMER, K. KEMPFEN, G. HÖR, H. W.
PABST:
Funktionell-morphologische Nierendiagnostik
mit Sequenzszintigraphie und Ausscheidungsuro-
graphie. In: Nuklearmedizin und Kinetik. Hrsg.:
G. Hoffmann.
Schattauer Stuttgart 1972
29. HEINZE, H. G., B. HAST, R. ROHLOFF:
Quantitative Funktionsszintigraphie der Nieren
mit der Kamera.
Röntgen-Ber. Bd.4 (1975) im Druck
- 29a. HEINZE, H. G., B. HAST, R. ROHLOFF:
Abhängigkeit von Meßdaten und Meßmethoden am Bei-
spiel des Region of Interest Nephrogramms.
In: Fortschritte der Nuklearmedizin in klini-
scher und technologischer Sicht. Hrsg.: H. W. Pabst
Schattauer Stuttgart, im Druck

30. HODLER, J., C.VORBURGER:
Chronische Niereninsuffizienz und Urämie.
In: Klinische Pathophysiologie. Hrsg.: W.
Siegenthaler.
Thieme Stuttgart 1973
31. HÖR, G., H.W.PABST:
Methodenkritik und Indikationswert der Radio-
isotopen- Nephrographie im Vergleich zu Stan-
dardfunktionstesten.
Schweiz.med.Wschr. 95,14 (1965) 445
32. HÖR, G., H.G.HEINZE, J.NUMBERGER, H.ZIMMERMANN, H.W.
PABST:
Vergleich zwischen isotopennephrographischen
und angiographischen Nierenbefunden.
Klin.Wschr. 44 (1966) 55
33. HÖR, G., H.W.PABST, H.STEINHOFF, U.HAUBOLD, H.G.HEINZE:
Untersuchungen zur Clearance von ^{131}J -Hippuran,
 ^{203}Hg -Salyrgan, ^{51}Cr -EDTA und ^{51}Cr -Inulin.
In: Radioisotope in der Kreislaufforschung.
Schattauer Stuttgart 1968
34. HOLLWARTH, M., H.BAUER, M.FALKENSAMMER ET AL.:
Nierenszintigraphie.
Z.Urol.Nephrol. 66,2 (1973) 81
35. KIMBLE, K.H.: In: Radioaktive Isotope in Klinik und
Forschung. Bd.II (S.150)
Urban & Schwarzenberg München 1956
36. KIRSCH, W., A.ROMAHN, E.OBERHAUSEN:
Bestimmung der getrenntseitigen Nierenclearance
durch externe γ -Strahlenmessung.
Mschr.Kinderheilk. 118,6 (1970) 199
37. KLEIN, U., K.J.PFEIFER, R.ROTHE, C.LÖW, H.G.HEINZE:
Vergleich der diagnostischen Wertigkeit nuklear-
medizinischer und röntgenologischer Untersu-

chungsverfahren in der Nephrourologie.
Fortschr.Röntgenstr., Beiheft 1974 zum Gemeinsamen Kongreß der Deutschen und Österreichischen Röntgengesellschaft 1973.

38. KRECKE, H.J.:

Kritische Bewertung der Untersuchungsverfahren zur Früherkennung von Krankheiten der Nieren und ableitenden Harnwege.
Internist 14 (1973) 63

39. KRUEGER, R.P., A.P.SANDERS, W.DE MARIA, G.J.BAYLIN:

Analysis of the Radio-Renogram Curve.
Amer.J.Roentgenol. 86 (1961) 819

40. MAY, P., H.U.BRAEDEL, K.KÖNIG, E.OBERHAUSEN:

Nuklearmedizinische Verlaufskontrollen nach Nierentraumen.
Urologe Ausg.A 10,6 (1971) 276

41. MAY, P., E.OBERHAUSEN, W.KIRSCH:

Die seitengeschiedene Bestimmung des effektiven Nierenplasmastroms mit Radioisotopen.
Dtsch.med.Wschr. 96,4 (1971) 152

42. MAYNEORD, W.K., R.TURNER, S.NEWBERY, H.HODT:

A method for making visible the distribution of activity in a source of ionizing radiations.
Nature (London) 168 (1951) 762

43. MEADE, R.C., J.D.HORGAN, J.A.MADDEN:

Comparison of methods for renogram evaluation.
J.Nucl.Med. 10 (1969) 40

44. MOGENSEN, P., N.ROSSING, J.GIESE:

Glomerular filtration rate measurement and ^{131}I -hippuran renography before unilateral nephrectomy.
Scand.J.Urol.Nephrol. 6,3 (1972) 228

45. MÜLLER, W.: Nuklearmedizinische Untersuchungsmethoden
bei der Nierentuberkulose.
Med.Welt 24,10 (1973) 359

46. OBERHAUSEN, E.:
Renal clearance investigation with radionuclides.
J.nucl.biol.Med. 16,3 (1972) 177

47. OBERHAUSEN, E., R.BERBERICH, W.HEINRICH:
Nuklearmedizinische Bestimmung der Nieren-
clearance.
Electro medica 2 (1972) 42

48. OBERHAUSEN, E.:
Nuklearmedizinische Messung der seitengetrenn-
ten Nierenclearance.
Röntgenpraxis 27,1 (1974) 11

49. PABST, H.W., G.HÖR:
Nephrologie. In: Nuklearmedizinische Funktions-
diagnostik. Hrsg.: D.Emrich
Thieme Stuttgart 1971

50. PARKER, R.M., A.B.RETIK, H.S.TALBOT:
The I^{131} hippuran renogram in advanced renal
disease and renal failure.
J.Urol. 102,1 (1969) 7

51. PFEIFER, K.J., K.W.FREY, H.G.HEINZE, U.KLEIN, H.MÜLLER-
FASBENDER, H.LANGHAMMER:
Comparison of the Diagnostic Value of Renal
Scan and Angiography (together with I.V.P. and
Isotope Nephrogram).
In: Angiography/Scintigraphy. Hrsg.L.Diethelm, 436
Springer Berlin 1970

52. PFEIFER, K.J., K.W.FREY, H.G.HEINZE, U.KLEIN, H.MÜLLER-
FASBENDER, H.LANGHAMMER:
Diagnostischer Wert von Nierenszintigraphie und

53. PFEIFER, K.J., R.ROTHE, U.BÜLL, G.FREY, O.A.MÜLLER,
H.G.HEINZE:
Die Bestimmung des Glomerulumfiltrates mit
 ^{169}Yb -EDTA und des effektiven Nierenplasma-
stromes mit ^{131}J -Hippuran.
Fortschr.Röntgenstr. 117 (1972) 456
54. PFEIFER, K.J., R.ROTHE, H.INGRISCH, H.H.EDEL, H.PICHL-
MAIER, H.G.HEINZE:
Funktionsszintigraphie bei transplantierten
Nieren.
Münch.med.Wschr. 115 (1973) 348
55. PIXBERG, H.U., J.BAHMANN, R.KLUGE:
Katheterlose Bestimmung der seitengetrennten
Nierendurchblutung.
Med.Klin. 66 (1971) 3
56. PIXBERG, H.U., P.HILGER, F.ZIELSKE, J.BAHMANN, H.J.
GOLLMISCH:
Vergleichende Untersuchungen des effektiven
Nierenplasmastromes mit PAH und o- ^{131}J -Hippur-
säure.
Dtsch.med.Wschr. 96 (1971) 117
57. PIXBERG, H.U., G.JUST:
Die Bestimmung des Nierenplasmastromes mit
der ^{131}J -Hippursäure-Ganzkörperclearance.
Dtsch.med.Wschr. 96 (1971) 156
58. PIXBERG, H.U., K.ALTROCK:
Quantitative Nierenfunktionsmessung mit Radio-
nukliden in der nephrologischen und urologischen
Diagnostik.
Therapiewoche 23,5 (1973) 359

59. PIXBERG, H.U., P. Pfannenstiel:
Vergleich nuklearmedizinischer und röntgenologischer Methoden in der Nephro-Urologie - eine Gemeinschaftsstudie von 16 Kliniken.
Fortschr. Röntgenstr., Beiheft 1974 zum Gemeinsamen Kongreß der Deutschen und Österreichischen Röntgengesellschaft 1973.
60. RAINER, O., H. PLATTNER:
Zur Isotopennephrographie am ausgeblendeten Zweifeldszintigramm.
Nucl. med., Suppl. 10 (1972) 244
61. REUBI, F.: Nierenkrankheiten.
Huber Stuttgart 1960
62. ROHLOFF, R., B. HAST, B. LEISNER, H. G. HEINZE:
Bestimmung der ^{131}J -Hippuran-Clearance im Rahmen der Kamerafunktionsszintigraphie nach einer vereinfachten Modifikation der Methode von Oberhausen. Ein Vergleich mit der Originalmethode.
Nucl. Med. Stuttgart (1974), im Druck
63. SANDRITTER, W., U. BENEKE:
Allgemeine Pathologie.
Schattauer Stuttgart 1974
64. SARRE, H.: Nierenkrankheiten.
Thieme Stuttgart 1959 und 1967
65. SCHEITLIN, W. A.: Niere.
In: A. A. Bühlmann und E. R. Froesch (Hrsg.): Pathophysiologie.
Springer Berlin Heidelberg New York 1972
66. SCHMIDT, K. R., K. J. PFEIFER, G. SEYFFART, R. KANTLEHNER, H. G. HEINZE:
Durchblutungsmessung mit ^{133}Xe nach klinischer Nierentransplantation. Vergleich mit der ^{131}J -Hippuran-Funktionsszintigraphie. Röfo 121(1974)477

67. SCHOLZ, A., A. HAUGE, K. OEFF:
Die Bedeutung der Isotopenrenographie für
die Diagnostik des renalen Hypertonus, insbe-
sondere der operablen Formen.
Dtsch. Med. Wschr. 89, 21 (1964) 1011
68. SETOAIN, J., F. M. DOMENECH TOME, J. CEDO:
Interpretacion de renograma isotopico.
Med. clin. 59, 3 (1972) 265
69. STROTGES, M. W.:
Die Nierenfunktionsuntersuchung mit der Plasma-
Clearance radioaktiv markierter Substanzen.
Fortschr. Röntgenstr. 102 (1965) 532
70. TAPLIN, G. V., O. M. MEREDITH JR., H. KADE, C. C. WINTER:
The radioisotope renogram (an external test
for individual kidney function and upper
urinary tract patency) .
J. Lab. clin. Med. 48 (1956) 886
71. VITYE, B., E. LE BEL:
Determination of renal plasma flow by single
injection of ^{131}I orthoiodohippurate and two
blood samples: Evaluation of the precision
of this method.
J. nucl. Med. 10, 12 (1969) 735
72. VOLPE, J. A., V. M. HARDIN, G. S. JOHNSTON:
Radioisotope renography improved by sequential
renal scintiphotography.
Mil. med. 136, 5 (1971) 479
73. WANDSCHNEIDER, G., P. HAAS, G. LEB, A. PASSATH:
Indikationsstellung und Erfolgsbeurteilung
der Nephropexie mit Hilfe der kombinierten
Isotopenuntersuchung der Nieren.
Urologe 11, 3 (1972) 161

74. WINKEL, K.ZUM, K.E.SCHEER, P.SCHENCK, P.GELINSKY,
B.PRIBIC, W.E.ADAMAN:
Die funktionell-morphologische Diagnostik von
Nierenerkrankungen mit der Kamera-Szintigra-
phie und der Isotopen-Nephrographie.
Dtsch.Med.Wschr. 50 (1965) 2229
75. WINKEL, K.ZUM, E.JAHNS, U.HERZFELD, M.GEORGI:
Die Strahlenbelastung der nuklearmedizinischen
Nierendiagnostik.
In: Deutscher Röntgenkongreß 1967, Teil A(222)
Thieme Stuttgart 1968
76. WINKEL, K.ZUM:
Nuklearmedizinische Funktionsdiagnostik.
In: Klinisch-radiologisches Seminar, Band 1:
Erkrankungen der Niere. Hrsg.: W.Frommhold
und P.Gerhardt.
Thieme Stuttgart 1972
77. WINTER, C.C.: Radioisotope renography.
Williams & Wilkins Baltimore 1963
78. ZITA, G., H.UIBERRAK, K.K.SCHWARZ:
Clearancebestimmungen im Rahmen der nuklear-
medizinischen Nierendiagnostik.
Nuclear-Medizin 13,1 (1974) 1

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv.Doiz. Dr.med. H.G. H e i n z e für die Überlassung des Themas, für die fachliche Unterweisung, sowie für die vielen Anregungen und Hinweise im Verlauf der Arbeit.

Ganz herzlich danken möchte ich Herrn Dr.med. K. J. P f e i f f e r und Herrn Priv.Doiz. Dr.med. F. E i s e n - b e r g e r , die mir insbesondere bei der Auswertung der Röntgenbilder und der Wertung des Untersuchungsmaterials behilflich waren, und die auch sonst in vielfacher Weise zum Gelingen der vorliegenden Arbeit beigetragen haben.

Lebenslauf

Am 2.4.1949 wurde ich, Johannes Michael Z i m m e r , als Sohn des Dr. Franz Zimmer und seiner Ehefrau Franziska in Leutkirch im Allgäu geboren. Nachdem unsere Familie 1955 nach Wangen im Allgäu umgezogen war, trat ich dort 1956 in die Volksschule, 1960 ins Gymnasium ein und legte im Mai 1968 mein Abitur ab.

Zum Wintersemester 1968/69 schrieb ich mich an der Ludwig-Maximilians-Universität in München ein, zunächst für Allgemeine Naturwissenschaften. Im Sommersemester 1969 begann ich nach bestandener Eignungsprüfung mein Medizinstudium. Im Wintersemester 1969/70 absolvierte ich die naturwissenschaftliche Vorprüfung, im Sommersemester 1971 die ärztliche Vorprüfung, am 30.7.1975 beendete ich meine ärztliche Prüfung; tags darauf legte ich mein Rigorosum ab.

Meine Medizinalassistentenzeit verbrachte ich in Stuttgart am Marienhospital (Chirurgie und Innere Medizin) und am Olgahospital (Pädiatrie). Meine Approbation als Arzt erhielt ich am 1.12.1976. Seit dem 3.1.1977 leiste ich bei der Bundeswehr in Ellwangen meinen Wehrdienst als Stabsarzt ab.

Ellwangen/Jagst, den 1.Juli 1977

